DULATY UNIVERSITY
Taraz | since 1958

№ 1
2025

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

МЕХАНИКА және ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналы

Научный журнал

МЕХАНИКА и ТЕХНОЛОГИИ

Scientific Journal

MECHANICS & TECHNOLOGIES

«Механика және технологиялар» журналы:

Ұлыбританияның Инжиниринг және технологиялар институтының Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) ақпараттық қызметінің рефераттық дерекқорына кіреді.

http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx

РИНЦ ғылыми дәйексөз Ресей ұлттық библиографиялық дерекқорында тіркелген.

http://elibrary.ru/project_risc.asp

Жыл	*Импакт-фактор*
2016	*0,011*
2017	*0,032*
2018	*0,040*
2019	*0,028*
2020	*0,034*

Қазақстандық дәйексөз базасы бойынша импакт-факторы бар:

Жыл	*Импакт-фактор*
2015	*0,030*
2016	*0,011*
2017	*0,053*
2018	*0,054*
2019	*0,042*
2020	*0,088*

http://www.nauka.kz/page.php?page_id=794&lang=1#

ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК басылымдарының тізбесіне келесі ғылыми бағыттар бойынша енгізілген (12.07.2024 ж. №603 бұйрық):

- құрылыс технологиялары;
- жеңіл өнеркәсіп технологиялары;
- химиялық технологиялар;
- тамақ өнімдерінің технологиялары.

CrossRef – халықаралық DOI қорының Цифрлық нысандар идентификаторларын тіркеу ресми агенттігіне енгізілген.

https://www.crossref.org/

Журналдың жазылым индексі: 74714 («Қазпошта» АҚ-«Пошталық қызмет»)

Журнал «Механика и технологии»:

Входит в реферативную базу данных Information Service for Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) Института Инжиниринга и Технологий Великобритании.

http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx

Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ

http://elibrary.ru/project_risc.asp

Год	*Импакт-фактор*
2016	*0,011*
2017	*0,032*
2018	*0,040*
2019	*0,028*
2020	*0,034*

АО "Национальный центр государственной научно-технической экспертизы"

Имеет импакт-фактор по Казахстанской базе цитирования:

Год	*Импакт-фактор*
2015	*0,030*
2016	*0,011*
2017	*0,053*
2018	*0,054*
2019	*0,042*
2020	*0,088*

http://www.nauka.kz/page.php?page_id=794&lang=1#

Комитет по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан

Включен в перечень изданий КОКСНВО МНВО РК по следующим научным направлениям (приказ №603 от 12.07.2024 г.):

- строительные технологии;
- технологии легкой промышленности;
- химические технологии;
- технологии в сфере продуктов питания.

Интегрирован в Crossref – официальное агентство регистрации Цифровых Идентификаторов Объекта международного DOI фонда.

https://www.crossref.org/

Подписной индекс журнала: 74714 (АО «Казпочта»-«Почтовый сервис»)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«М.Х. ДУЛАТИ атындағы
ТАРАЗ УНИВЕРСИТЕТІ»
КЕ АҚ

МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журнал

1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады

Жылына төрт рет шығады

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

№ 1 (87)
Қаңтар-наурыз
2025 ж.

Бас редактор И.И. Бекбасаров

Редакция алқасы: Н.А. Абиев, Б. Абзалбекұлы, Н.С. Амирова, С. Әлтайұлы, И.И. Бекбасаров, И.С. Бровко, Ю.Л. Винников, Ж.К. Гафуров, А.С. Жакулин, А.Ж. Жусупбеков, М.Т. Кейкиманова, О. Крейчи, Э.М. Мамбетов, Ж.Н. Молдамуратов, М.М. Мукимов, Чен Йе Нг, А. Нурлыбаева, Г.Е. Омарова, С.А. Орынбаев, А.В. Пилягин, А.А. Сагындыков, Х.Р. Садиева, М.П. Саинов, Н.А. Смирнова, Б.Ж. Унайбаев, А.А. Чуркин, Я. Шульц

Корректор және компьютерлік беттеу Ж.К. Боркулакова

Редакция мекен-жайы:
080000, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.
Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.
https://mit.dulaty.kz E-mail: mit@dulaty.kz

Тіркеу куәлігі №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999), №4244-Ж (08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013), №KZ93VPY00027164 (23.09.2020), №KZ79VPY00113746 (28.02.2025).

Басуға қол қойылған күн 30.03.2025. Форматы 70×180/16. Шартты баспа табағы 48,28. Тираж 300 дана. Тапсырыс 128.

М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің «Dulaty University» баспасы. 080000, Тараз қаласы, Ы.Сүлейменов көшесі, 11.

© М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО
«ТАРАЗСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.Х. ДУЛАТИ»

МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

Издается с января 1994 года

Выходит четыре раза в год

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

№ 1 (87)
Январь-март
2025 г.

Главный редактор И.И. Бекбасаров

Редакционная коллегия: Н.А. Абиев, Б. Абзалбекұлы, Н.С. Амирова, С. Әлтайұлы, И.И. Бекбасаров, И.С. Бровко, Ю.Л. Винников, Ж.К. Гафуров, А.С. Жакулин, А.Ж. Жусупбеков, М.Т. Кейкиманова, О. Крейчи, Э.М. Мамбетов, Ж.Н. Молдамуратов, М.М. Мукимов, Чен Йе Нг, А. Нурлыбаева, Г.Е. Омарова, С.А. Орынбаев, А.В. Пилягин, А.А. Сагындыков, Х.Р. Садиева, М.П. Саинов, Н.А. Смирнова, Б.Ж. Унайбаев, А.А. Чуркин, Я. Шульц

Корректор и компьютерная верстка Ж.К. Боркулакова

Адрес редакции:
080000, г. Тараз, ул. Толе би, 60.
Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.
https://mit.dulaty.kz E-mail: mit@dulaty.kz

Свидетельство о регистрации №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999), №4244-Ж (08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013), №KZ93VPY00027164 (23.09.2020), №KZ79VPY00113746 (28.02.2025).

Подписано в печать 30.03.2025. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 48,28. Тираж 300 экз. Заявка 128.

Издательство «Dulaty University» Таразского университета им. М.Х. Дулати. 080000, г. Тараз, ул. Ы.Сулейменова, 11.

© Таразский университет имени М.Х. Дулати, 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGH EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

M.Kh. DULATY
TARAZ UNIVERSITY

MECHANICS & TECHNOLOGIES

Scientific Journal

Published since January 1994

Published four times a year

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

No. 1 (87)
January-March
2025

Editor in chief I.I. Bekbasarov

Editorial board: N.A. Abiev, B. Abzalbekuly, N.S. Amirova, S. Altayuly, I.I. Bekbasarov, I.S. Brovko, Chen Ye Ng, A.A. Churkin, J.K. Gafurov, A.S. Zhakulin, A.J. Zhusupbekov, M.T. Keikimanova, O. Krejci, E.M. Mambetov, Zh.N. Moldamuratov, M.M. Mukimov, A. Nurlybayeva, G.E. Omarova, S.A. Orynbayev, A.V. Pilyagin, A.A. Sagyndykov, Kh.R. Sadieva, M.P. Sainov, J. Schulz, N.A. Smirnova, B.Zh. Unaibayev, Yu.L. Vinnikov

Press-corrector and computer page makeup Zh.K. Borkulakova

Editorial address:
080000, Taraz, Tole bi street, 60.
Tel.: 8 7262 45-35-10, fax: 8 7262 43-24-02.
https://mit.dulaty.kz E-mail: mit@dulaty.kz

Registration certificate №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999), №4244-Ж (08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013), №KZ93VPY00027164 (23.09.2020), №KZ79VPY00113746 (28.02.2025).

Signed in print 30.03.2025. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 48.28. Edition 300 copies. Application 128.

Printing House «Dulaty University» of M.Kh. Dulaty Taraz University.
080000, Taraz, Suleimenov street, 11.

© M.Kh. Dulaty Taraz University, 2025

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGIES

Нұрдәулет С., Уажанова Р.У., Ержигитов Е.С.
ИЛУ-10 электрондық үдеткішпен өңдеген құс етінің микробиологиялық көрсеткіштерін талдау 10

Әбіш А.М., Байысбаева М.П.
Зығыр тұқымы және борай ұнын ашытқысыз қара бидай-бидай нанының рецептурасына қосудың тиімділігі 17

Jumabekova G., Serikkyzy M., Serikbaeva A., Sengirbekova L., Tokanova Zh.
Goji berries as a functional additive in the production of semi-smoked sausages 25

Солтыбаева Б.Е., Шамбетова И.Б.
Бүтін дәнді бидай ұнын пайдаланып крекер технологиясын жасау 33

Ермекбаев С.Б., Әлтайұлы С.
Бидайдың өнген дәндерін ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеуді салыстырмалы бағалау 41

Саидов А.М., Калитка Д.А., Аманжол Б., Есеева Г.К., Балгужинова Ж.Е.
Матча шайының бисквит жартылай фабрикатының антиоксиданттық белсенділігіне әсері 49

Смағұл Ж.Е., Сыздыкова Л.С., Тлевлесова Д.А., Абдиева К.М., Сабит Р.
Бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштерін зерттеу 63

Маликтаева П.М., Саржанова К.Ш., Мынбаева А.Б., Умирбаева Ш.Д.
Ашымықтың қышқылдық санын анықтау 74

Саржанова К.Ш., Маликтаева П.М., Боранкулова А.С.
Дәннің бетін өңдеу технологиясын жетілдіру негізінде нанның микробиологиялық қауіпсіздігін арттыру 80

Боранкулова А.С., Умирбекова А.С., Садыбаев А.К., Алашбаева Л.Ж., Солтыбаева Б.Е., Ержанова М.Е.
Жамбыл облысында өсірілген отандық сұрыпты бидайлардың физика-химиялық құрамын және технологиялық қасиеттерін зерттеу 88

Каимбаева Л.А., Исембердиева Н.Б., Узаков Я.М., Кененбай Ш.Ы., Сулейменова Ж.М., Есенгазиева А.Н.
Исследование пищевой ценности и антиоксидантных свойств свекольной муки для производства рыбного корма 97

Оспанов А.Б., Загорска Е., Тлевлесова Д.А., Макеева Р.К., Мамбешова А.Т.
Разработка творожных изделий на основе овечьего молока с добавлением фруктов для детского питания 105

Аубакирова Г.Е., Еріш Н.А., Бекмухамбетова Ж.К., Төлеміс Т.С.
Қызылша шырынын қолданып жасалатын макарон өнімдерінің технологиясы 112

Мынбаева А.Б., Садибаев А.К., Маликтаева П.М., Умирбекова А.С.
«Талқан-Үлпек» ұлттық өнімінің рецептурасын оңтайландыру 121

Жалилова А.Б., Кудайбергенова А.К., Сариева Г.Е.
Содержание витаминов и кальция в плодах диких ягодных культур Иссык-Кульской области Кыргызстана 129

Хамитова Б.М., Тасполтаева А.Р., Сайдиганиева Н.И.
Мисцелладағы мақта майын аралас әдіспен тазарту арқылы алынған соапсток құрамы мен оны шаю суының ерекшеліктері 139

Аблаева А.А., Тлевлесова Д.А., Хамитова Б.М., Азимова С.Т., Есенгазиева А.Н.
Разработка функциональных батончиков на основе злаков и фруктового пюре: анализ характеристик 148

Тапалова А.Б., Тултабаева Т.Ч., Имангалиева Ж.К., Өмірзақ Е.Ғ.
Оценка биологической ценности йогурта из смеси растительного и коровьего молока 156

ҚҰРЫЛЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Evdokimov S.V.
Comparative analysis of power testing methods of hydroelectric power plant units 167

Sagyndykov A., Suleimenov Zh.T., Bayalieva G.M., Eskermesov Zh.E., Karabaev N.T., Iglikov A.A.
Modified sulfur concreteswith phosphoric slag filler 171

Артыкбаев Д.Ж., Бесбаев Г.А., Абдикерова У.Б., Икрамов И.Г., Қаршыға Г.О.
Анализ факторов сейсмической опасности для гидротехнических сооружений в Южном Казахстане 180

Калиева Ж.Е., Ерланұлы Е., Мәжит Д.Е., Орынбай Е.Р., Қожас А.К.
Керамикалық кірпіш өндірісінде купершлакты қолдану: қасиеттері мен құрылымын талдау 191

Omarov Zh., Tleulenova G., Makashev K., Zhukenova G., Abdrakhmanova K.
Energy-efficient technologies for the use of structures and composite materials of wood waste 200

Кожакулов Н.К., Копжасаров Б.Т., Моминова С.М., Дуйсенбаева С.Т., Копжасарова Г.Т.
Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесіндегі материалдың кеуекті құрылымын зерттеу 209

Байтемиров М.Н., Бекбасаров И.И., Егембердиева С.Ш., Кушкимбаева Б.Ж., Атенов Е.И., Шаншабаев Н.А.
Влияние жесткости подземной части здания на деформируемость основания на примере строящихся зданий школ в с. Аксу и г. Шымкент Туркестанской области 219

Бекбасаров И.И., Атенов Е.И., Шаншабаев Н.А.
Об обеспечении сейсмической безопасности г. Тараза 231

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

CHEMICAL TECHNOLOGIES

Azimov A., Bolysbek A.A., Iztleuov G.M., Shirinov Sh.D.
Study of chemical technology for the production of High-Swelling Polymer Hydrogels (HSPH) 241

Elyazov I.
Production of antiseptic boric acid 251

Тулеуов Р.М., Сырманова К.К., Арсланов Ш.С., Калдыбекова Ж.Б.
Модифицирленген битум эмульсиясының физика-механикалық қасиеттерін жақсарту 255

Акилов Т.К., Исабаев Н.Н., Ашанбаева Р.Р., Кадирбеков А.А., Имангалиев Т.А., Туракулов Б.Б.
Разработка водорастворимых полимеров на основе госсиполовой смолы 268

Kenzhebekov D.M., Khussanov A.E., Iristaev I., Zholshybek A., Janabayev D.
Generation and configurationof a heat exchanger model grid for CFD modeling in comsol multiphysics 279

Kudaibergenova R.M., Baibazarova E.A., Ismayl A.T., Botashev Ye.T., Bulekbayeva B.
The effect of polyelectrolytes obtained on the basis of allyl alcohol and acrylic acid derivatives on the stability of bentonite hydrodispersion 286

Khabashova A.U., Nurlybayeva A.N., Kanatbek U.G., Kuanyshbek A.A., Kurtebayeva A., Orynbayev S., Helder T.G., Kalmakhanova M.S.
Development of new materials based on agro-industrial waste for the storage of a permeable reactive barrier 295

Жарлыкапова Р.Б., Бейсекина Д.С., Губарева А.С., Нурлыбаева А.Н., Булекбаева К.Б., Боташев Е.Т.
Исследование стоматологических полимеров методом инфракрасной спектроскопии 305

Жумажанов А.Н., Азимбекова К.М., Мансуров З.А., Хамитова К.К., Казакбаев С.Т., Нуртазин С.Т., Досжанов Е.О.
Альтернативные источники целлюлозы: перспективы использования кукурузных отходов и волластонита в производстве картона 312

Seitzhapar Zh.K., Nurlybayeva A.N., Sadiyeva Kh.R., Seitbekova G.A., Bulekbayeva K.B., Botashev Ye.T.
Determination of the enthalpy of combustion of dimethyl sulfoxid 325

ЖЕҢІЛ ӨНЕРКӘСІП ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

Бегешова У.Н., Ешжанов А.А., Абзалбекулы Б.
Маркетинговое исследование по улучшению тканей и функциональных характеристик спецодежды для строителей на примере ТОО «МТС» компании ЛТД 332

Келесова У.С., Жаппарова А.К.
Балалар киімдерін эргономикалық жобалаудың өзекті міндеттерін зерттеу 342

Ешжанов А.А., Әбихан Ш.М., Мурзабаева Г.К., Ермеков С.Р.
Матаны көбіктелген кешенді аппреттермен аппреттеудің тиімділігін зерттеу 350

Jurinskaya I., Tashmukhanbetova I.
Investigation of pilling and stretchability of double-layer knitted structures produced from natural and chemical yarns 359

Абдикаева А.К., Смайлова У.У., Жарқымбекқызы Г.
Эргономическая оценка статического соответствия швейных изделий ... 371

Касымова Г.А., Баданов К.И., Тогатаев Т., Баданов И.К., Рахманова Ж.С., Баданова Р.Р.
Синтетикалық сополимерлердің су дисперсиясына негізделген пигменттермен тоқыма материалдарына басу технологиясының ерекшелігі 380

Баданов К.И., Тогатаев Т., Касымова Г.А., Баданов И.К., Рахманова Ж.С., Манапбаева У.Е., Баданова Р.Р.
Текстиль материалдарын пигментті басып шығарудағы баспа композицияларының реологиялық көрсеткіштері 393

Байдильдаева А.К., Тюркоглу Г.Д., Джиембетова И.С., Джумабекова Г.Б., Абзалбекұлы Б.
Табандарының патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киім материалдарының антимикробтық қасиеттерін зерттеу 401

Бейсен Б.А., Талғатбекова Ж.А., Омарбекова М.Т., Данадилова Е.Ж.
Бұйымдардың пішініне әсер ететін фактуралы материалдардың ерекшеліктерін зерттеу 408

Шәкір К.Е., Талгатбекова А.Ж., Данадилова Ж.Е.
Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасын талдау 418

Ризабекова Ә.Ж., Талгатбекова А.Ж., Шильдебаева Л.К.
Теміржол көлігінің әскерилендірілген күзетінің арнайы киімдерін жобалау 427

Рубаненко Е.А., Жилисбаева Р.О., Құрманғали А.Д., Шильдебаева Л.К.
Разработка новых пакетов материалов для боевой одежды пожарного 436

Джанпаизова В.М., Аширбекова Г.Ш., Тлеубаева Б., Бекмуратова З.Т., Туракулов Б.С.
Исследование свойств трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка 446

Мэлс М.Д., Сарттарова Л.Т.
Балалар аяқтарының дамуына аяқ-киімнің әсерін және құрылымын зерттеу 457

Ulug‘muradov Kh.Yu., Muxametshina E.T., Altmishov B.S., Muradov R.M.
Conducting experiments by installing a different mesh surface on laboratory equipment that cleans from small impurities 470

МЕХАНИКА

MECHANICS

Бижигитов Т., Аманбаева А.Н.
1h мұз модификациясының жоғарғы қысым мен төменгі температуралардағы серпімділік және жылулық қасиеттерін зерттеу 477

Сағындықов Б.
Серпімді толқынның жылдамдығының ньютондық емес сұйықтың температурасына тәуелділігін зерттеу 485

Абдлахатова Н.Ш., Жүсіп Т.С., Әрпіш А.Ә.
Методы анализа и управления ламповых генераторов для электротермии 494

Myasnikov A.A.
Study of load distribution between rolling body 503

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES

Сұлтанбекұлы Д., Науменко В.В.
Жеке білім беру траекториясы АТ мамандарын оқытуда қолданылуы 512

Кудрявцев С.С., Емелин П.В., Козлов В.Н., Кожанов М.Г., Нургалиева А.Д., Рахимберлина А.А.
Современные тренды в разработке автоматизированных информационных систем по оценке риска аварий, производственного травматизма и профессиональных заболеваний 520

Войджик В.
Математическое моделирование распределения информационных ресурсов в IP- и MPLS-сетях 531

Krahmaleva Yu.R.
Computation of the best standard deviation by Lejandre polynomials in a computer mathematics system 541

ҒТАМР 65.59.17

С. Нұрдәулет[1] – *негізгі автор*, ©
Р.У. Уажанова[2], Е.С. Ержигитов[3]

[1]Докторант, [2]Техн. ғылым.д-ры, профессор,
[3]Ауыл шаруашылығы ғылым. канд., доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-8707-2477 [2]https://orcid.org/0000-0002-5156-5322*
[3]https://orcid.org/0000-0003-2811-5910

[1,2,3]Алматы технологиялық университеті,
Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]Sunkar.nurdaulet@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/DDFB5762

ИЛУ-10 ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҮДЕТКІШПЕН ӨҢДЕГЕН ҚҰС ЕТІНІҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл зерттеуде құс етінің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында ИЛУ-10 электронды радиациялық үдеткішін қолдану тиімділігі зерттелді. 2 кГр, 4 кГр, 6 кГр, 8 кГр дозаларында сәулелендірудің *Escherichia coli, Salmonella spp., Listeria monocytogenes* сияқты патогенді микроорганизмдерге әсері талданды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, сәулелендіру дозасы артқан сайын микробиологиялық ластану деңгейі айтарлықтай төмендеді, әсіресе 6-8 кГр дозаларында патогендердің толық жойылуына жақын нәтижелер байқалды. Сонымен қатар, радиациялық өңдеудің құс етінің сақтау мерзіміне оң әсері анықталды. Бұл зерттеу электронды сәулелендіру технологиясының құс өнімдерінің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі тиімділігін көрсетеді және оны өнеркәсіптік қолдану мүмкіндіктерін айқындайды.

Тірек сөздер: құс еті, ИЛУ-10 электронды үдеткіш, микробиологиялық көрсеткіш, қауіпсіздік, сақтау.

Нұрдәулет, С. ИЛУ-10 электрондық үдеткішпен өңдеген құс етінің микробиологиялық көрсеткіштерін талдау [Мәтін] / С. Нұрдәулет, Р.У. Уажанова, Е.С. Ержигитов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.10-16. https://doi.org/10.55956/DDFB5762

Кіріспе. Қазақстандағы құс шаруашылығы елдің ауыл шаруашылығы экономикасына айтарлықтай үлес қосып, қарқынды дамып келе жатқан сала болды. Бұл өсім құс еті мен жұмыртқасына ішкі сұраныстың артуы, ауыл шаруашылығы технологияларының жетілдірілуі және мемлекеттік қолдау саясаты есебінен болды [1].

Тамақ өнеркәсібінде құс етінің қауіпсіздігі мен сапасы патогендік микроорганизмдердің ықтимал болуына байланысты бірінші кезекте маңызды болып табылады. Термиялық пастерлеу сияқты ет қауіпсіздігін қамтамасыз етудің дәстүрлі әдістері кейде еттің тағамдық және сенсорлық қасиеттерін бұзуы мүмкін. Жаңадан пайда болған балама тағам өнімдерін залалсыздандырудың термиялық емес құралдарын ұсынатын электронды сәулелік (электрондық сәуле) сәулеленуді пайдалану болып табылады. ИЛУ-10 электронды үдеткіші осы саладағы перспективті технология болып

табылады. Бұл мақалада құс етін радиациялық өңдеуде ИЛУ-10 электронды үдеткішін қолдану зерттеледі және оның микробиологиялық көрсеткіштерге әсері зерттеледі [2,3].

ИЛУ-10 – радиациялық өңдеудегі қолданбаларға арналған өнеркәсіптік электронды үдеткіш. Ол тамақ өнімдеріне енетін, микроорганизмдердің ДНҚ-сын бұзатын және оларды белсенді емес ететін жоғары энергиялы электрондарды генерациялау арқылы жұмыс істейді. ИЛУ-10 негізгі ерекшеліктері мыналарды қамтиды:

– жоғары ену қуаты: тамақ өнімдерінің көп мөлшерін өңдеуге қабілетті;

– реттелетін қуат деңгейлері: тағамның әртүрлі түрлеріне және ластану деңгейлеріне тән арнайы өңдеулерге мүмкіндік береді;

– тиімділік: микробтардың тұрақты азаюын қамтамасыз ете отырып, жылдам және біркелкі сәулеленуді қамтамасыз етеді [4].

Құс етін радиациялық өңдеуде әсіресе *Salmonella, Campylobacter* және *Listeria* сияқты қоздырғыштармен инфекцияға сезімтал. Бұл бактериялар денсаулыққа айтарлықтай қауіп төндіреді және олардың құс өнімдерінде болуы тағамдық ауруларға әкелуі мүмкін. ИЛУ-10 электронды үдеткішін радиациялық өңдеуде қолдану бұл микробтық жүктемелерді жылуды қажет етпей-ақ айтарлықтай азайтады, осылайша ет сапасын сақтайды [5].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Сауда нарығынан 4 кг құс еті үлгілер алынды. Үлгілер полистирол қораптарында тасымалданады. Сәулелену процесі Алматы қаласында орналасқан Ядролық Физика Институтында орындалды, сәулеленуден кейін Тамақ қауіпсіздігі ғылыми зерттеу институтының зертханасына жеткізіліп, микробиологиялық талдаулар жүргізілді.

Илу-10 электрондық үздеткішпен сәулелену. Электронды үдеткішпен сәулелену Алматы қаласында орналасқан Ядролық Физика Институтында жүргізілді. Зерттеу барысында қалыңдығы 20-дан 45 микронға дейінгі полиэтилен қаптамалары қолданылып, барлығы бес топқа бөлінді. Әр топқа электронды үдеткіштің төрт түрлі сәулелену дозасы (2 кГр, 4 кГр, 6 кГр, 8 кГр) және бақылау тобына (0 кГр) сәулеленусіз әсер қолданылды.

Микробиологиялық талдауда Мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдердің санын анықтау әдісі МЕМСТ 10444.15-94, Колиформды бактерияларды (колиформды бактериялар) анықтау және санын анықтау әдісі МЕМСТ 31747-2012, Ашытқылар мен зеңдердің санын анықтау және санау әдісі МЕМСТ 10444.12-2013, *Salmonella* тұқымдас бактерияларды анықтау әдісі МЕМСТ 31659-2012, Бактерияларды анықтау әдісі *Listeria monocytogenes* ГОСТ 32031-2012 бойынша анықталады [6,7].

Salmonella тұқымдас бактерияларды анықтау әдісі. Байытылған селективті үлгіні Раппапорт-Василиадис сорпасына және Тетратионат сорпасына енгізіп, сәйкесінше 42°С және 37°С температураларда 24 сағат бойы инкубациялаймыз. Инкубация аяқталғаннан кейін алынған үлгілерді ксилоза-лизин-дезоксихолат агарына және ашық жасыл агар пластиналарына себеміз. Үлгілерді 37°С температурада 24-48 сағат бойы қайта инкубациялаймыз. Инкубациядан кейін Сальмонеллалардың типтік колонияларын визуалды түрде анықтаймыз. Болжамды колонияларды биохимиялық сынақтар арқылы верификациялап, түпкілікті растау жүргізіледі.

Колиформды бактерияларды анықтау әдісі. *E. coli* жасушаларын қалпына келтіру үшін гомогенизацияланған үлгіні 37°С температурада 24

сағат бойы инкубациялаймыз. Алдын ала байытылған селективті үлгіні 10 мл *E. coli (EC)* сорпасына енгізіп, 44,5°С температурада 24 сағат бойы инкубациялаймыз. Инкубациядан кейін байытылған үлгінің бір бөлігін Эозин-Метилен Көк (EMB) агар пластиналарына себеміз және 37°С температурада 24 сағат бойы қайта инкубациялаймыз. Металдық жасыл түсті типтік *E. coli* колонияларын визуалды түрде анықтап, биохимиялық сынақтар арқылы болжамды *E. coli* колонияларын растаймыз.

Listeria monocytogenes анықтау әдісі. Гомогенизацияланған үлгіні 30°С температурада 24 сағат бойы инкубациялап, 10 мл Фрейзер сорпасына ауыстырамыз. Үлгіні 37°С температурада 24-48 сағат бойы қайта инкубациялаймыз. Байытылған үлгінің ілмегін Оксфорд агары мен PALCAM агар пластиналарына жағып, 37°С температурада 24-48 сағат бойы инкубациялаймыз. *Listeria monocytogenes*-ке тән типтік колонияларды визуалды түрде анықтап, биохимиялық сынақтар арқылы болжамды колонияларды растаймыз [8-11].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу барысында ИЛУ-10 электронды үдеткішімен өңделген құс етінің микробиологиялық көрсеткіштері талданды. Радиоактивті сәулелену әртүрлі дозаларда (2 кГр, 4 кГр, 6 кГр, 8 кГр) жүргізіліп, бактериялар саны мен сақтау мерзіміне әсері зерттелді. 1-кестеде мезофильді аэробты және факультативті анаэробты бактериялар санының өзгерісі көрсетілген.

Кесте 1

Мезофильді аэробты және факультативті анаэробты бактериялар санының өзгерісі

Сақтау мерзімі (тәулік)	Гигиеналық норма	Бақылау (0 кГр)	2 кГр	4 кГр	6 кГр	8 кГр
1	$1,0\times10^4$ КОЕ/г артық емес	$3,4\text{-}3,9\times10^2$ КОЕ/г	$1,9\text{-}2,1\times10^2$ КОЕ/г	$1,8\text{-}1,9\times10^2$ КОЕ/г	$4,5\text{-}5,0\times10$ КОЕ/г	$3,5\text{-}4,5\times10$ КОЕ/г
5	$1,0\times10^4$ КОЕ/г артық емес	$7,2\text{-}8,1\times10^2$ КОЕ/г	$3,7\text{-}4,1\times10^2$ КОЕ/г	$3,4\text{-}4,5\times10^2$ КОЕ/г	$5,5\text{-}6,0\times10$ КОЕ/г	$5,1\text{-}5,5\times10$ КОЕ/г
14	$1,0\times10^4$ КОЕ/г артық емес	$1,15\text{-}2,5\times10^4$ КОЕ/г	$2,5\text{-}4,1\times10^3$ КОЕ/г	$4,8\text{-}5,2\times10^2$ КОЕ/г	$6,5\text{-}7,2\times10$ КОЕ/г	$6,3\text{-}6,0\times10$ КОЕ/г

Сәулеленбеген үлгілердің бактериялармен қатты ластанғаны байқалды, сойылғаннан кейінгі мезофильді аэробты және факультативті анаэробты мәні орта есеппен $3,4\text{-}3,9\times10^2$ КОЕ/г, ал 2кГр, 4кГр, 6кГр және 8кГр дозада сәулелендіру кезінде бұл көрсеткіш $1,9\text{-}2,1\times10^2$ КОЕ/г, $1,8\text{-}1,4\times10^2$ КОЕ/г, $4,5\text{-}5,0\times10$ КОЕ/г және $3,5\text{-}4,5\times10$ КОЕ/г дейін төмендеді.

5 тәуліктен кейін бақылау тобының етінде мезофильді аэробты және факультативті анаэробты индикаторы 2,1 есе өсті, ал 14 тәуліктен кейін орташа есеппен $1,15\text{-}2,5\times10^4$ ККБ/г құрады, бұл гигиеналық нормативтер мәнінен 2 есе асып түсті.

2кГр, 4кГр, 6кГр және 8кГр дозасы бар сәулеленген ет бақылау тобындағы етінен мезофильді аэробты және факультативті анаэробты мәні айтарлықтай төмен болды және бұл көрсеткіш 5 тәуліктен кейін 1.95, 2.1, 13 және 14,4 есе, ал 14 тәуліктен кейін тиісінше 4.6, 24, 177 және 182 есе аз болды.

Salmonella, E. coli, Listeria анықталу көрсеткіштері 2-кестеде берілген. *Salmonella, Listeria* тектес бактериялардың немесе колиформды бактериялардың (колиформды бактериялар) анықталған жоқ. Осылайша, зерттеулер көрсеткендей, 2кГр, 4кГр, 6кГр және 8кГр дозада радиациялық сәулеленумен зарарсыздандырылған құс еті салқындатылған күйде 14 тәулікке дейін сақталады. 2 кГр және одан жоғары дозаларда барлық патогендік бактериялар жойылған.

Кесте 2

Salmonella, E. coli, Listeria анықталу көрсеткіштері

Патогендік бактериялар	Гигиеналық норма	Бақылау (0 кГр)	2 кГр	4 кГр	6 кГр	8 кГр
Salmonella	25,0 г рұқсат етілмейді	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады
E. coli	кіруге рұқсат етілмейді 0,1; 0,01 г	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады
Listeria	25,0 г рұқсат етілмейді	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады	Анық-талмады

Зең мөлшерінің өзгерісі 3-кестеде көрсетілген. Кестеде көрсетілгендей, бақылау сынамасында (0 кГр) бактериялардың саны сақтау мерзімі ұзарған сайын жоғарылайтыны байқалды, бірақ бұл мәндер гигиеналық нормаға сәйкес, яғни 10 КОЕ/г-тан аспады. Ал сәулелену дозасының артуы (2 кГр, 4 кГр, 6 кГр, 8 кГр) бактериялардың санын айтарлықтай төмендетуге ықпал етті. Бұл нәтижелер сәулеленудің бактерияларды жоюдағы тиімділігін растайды. Сақтау мерзімі мен сәулелену дозасының үйлесімі бактериялардың санын бақылауға және құс етінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Кесте 3

Зең мөлшерінің өзгерісі

Сақтау мерзімі (тәулік)	Гигиеналық норма	Бақылау (0 кГр)	2 кГр	4 кГр	6 кГр	8 кГр
1	≤10 КОЕ/г	≤10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г
5	≤10 КОЕ/г	≤10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г
14	≤10 КОЕ/г	≤10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г	<10 КОЕ/г

Қорытынды. ИЛУ-10 электронды үдеткіші зиянды микроорганизмдерді тиімді азайтуға және жоюға қабілетті құс етін радиациялық өңдеуде қуатты құрал болып табылады. 2 кГр мен 8 кГр аралығындағы дозаларды қолдану арқылы микробтық қауіпсіздікті айтарлықтай жақсартуға қол жеткізуге болады, бұл оны тамақ өнеркәсібіндегі құнды технология етеді. Одан әрі зерттеулер мен оңтайландыру қауіпсіз және жоғары сапалы азық-түлік өнімдерін қамтамасыз ете отырып, бұл технологияны кеңірек қолданбаларға бейімдеуге көмектеседі.

Әдебиеттер тізімі

1. Петров, В.В. Радиационная стойкость изоляционных материалов магнитных систем ускорителей [Текст] / В.В. Петров, Ю.А. Пупков // Журнал технической физики. – 2016. – № 7. – С. 65.
2. Kundu D, Gill A, Lui C, Goswami N, Holley R. Use of low dose e-beam irradiation to reduce E. coli O157: H7, non-O157 (VTEC) E. coli and Salmonella viability on meat surfaces // Meat science. – 2014. – No. 96(1). – P. 413-418.
3. Gurler Z, Pamuk S, Yildirim Y, Ertas N. The microbiological quality of ready-to-eat salads in Turkey: A focus on Salmonella spp. and Listeria monocytogenes // International Journal of Food Microbiology. – 2015. – No. 196. – P.79-83.
4. Hadjilouka A, Andritsos ND, Paramithiotis S, Mataragas M & Drosinos EH Listeria monocytogenes serotype prevalence and biodiversity in diverse food products // Journal of Food Protection. – 2014. – No. 77(12). – P. 2115-2120.
5. Чиж, Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности [Текст] / Т.В. Чиж, Г.В. Козьмин, Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова // Вестник Российской академии естественных наук. – 2011. – № 4. – С. 44-49.
6. Shin M.H., Lee J.W., Yoon Y.M., Kim J.H., Moon B.G., Kim J.H., Song B.S. Comparison of quality of bologna sausage manufactured by electron beam or x-ray irradiated ground pork // Korean J. Food Sci. Anim. Resour. – 2014. – No. 34(4). – P. 464-471.
7. Вазиров, Р.А. Радиационная поверхностная дезинфекция пищевой продукции наносекундым электронным пучком [Текст] / Р.А. Вазиров, С.Ю. Соковнин, М.Е. Балезин // Международная молодежная конференция: Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии. – Россия, 2019. – С. 257-259.
8. Sweetie R., Kanatt Chawla S.P., Sharma A. Effect of radiation processing on meat tenderization // Radiation Physics and Chemistry. – 2015. – No. 111. – P. 1-8.
9. ГОСТ 31467-2012. Межгосударственный стандарт. Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы отборапроб и подготовка их к испытаниям [Текст]. – Введ. 01.07.2013. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
10. ГОСТ 31931-2012. Межгосударственный стандарт. Мясо птицы. Методы гистологического и микроскопического анализа [Текст]. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 4 с.
11. Казиахмедов, А.С. Ветеринарно-санитарная оценка качества мяса после стерилизации ионизирующим излучением [Текст] / А.С. Казиахмедов, Т.Г. Андрианова // Журнал ветеринария и кормление «Веткорм». – 2012. – № 3. – С. 37-39.

Материал редакцияға 17.06.24 түсті, 14.03.25 қабылданды.

С. Нурдәулет[1], Р.У. Уажанова[1], Е.С. Ержигитов[1]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЯСА ПТИЦЫ, ОБРАБОТАННОГО НА ЭЛЕКТРОННОМ УСКОРИТЕЛЕ ИЛУ-10

Аннотация. В данном исследовании изучена эффективность применения электронного радиационного ускорителя ИЛУ-10 для обеспечения микробиологической безопасности мяса птицы. Рассмотрено влияние облучения в дозах 2 кГр, 4 кГр, 6 кГр, 8 кГр на патогенные микроорганизмы, такие как *Escherichia coli, Salmonella spp., Listeria monocytogenes*. Результаты исследования показали, что с увеличением дозы радиационной обработки уровень микробиологического

загрязнения значительно снижался. Особенно заметен эффект при дозах 6-8 кГр, где наблюдалось практически полное уничтожение патогенов. Кроме того, установлено положительное влияние радиационной обработки на срок хранения мяса птицы. Данное исследование демонстрирует эффективность технологии электронного облучения в обеспечении микробиологической безопасности продукции птицеводства и подчеркивает её перспективы для промышленного применения.

Ключевые слова: мясо птицы, электронный ускоритель ИЛУ-10, микробиологический показатель, безопасность, хранение.

S. Nurdaulet[1], R.U. Uazhanova[1], E.S. Erzhigitov[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF POULTRY MEAT PROCESSED WITH ILU-10 ELECTRONIC ACCELERATOR

Abstract. This study examines the effectiveness of using the ILU-10 electron radiation accelerator to ensure the microbiological safety of poultry meat. The impact of irradiation doses 2 kGy, 4 kGy, 6 kGy, and 8 kGy on pathogenic microorganisms such as *Escherichia coli, Salmonella spp.*, and *Listeria monocytogenes* was analyzed. The results demonstrated that increasing the radiation dose significantly reduced microbiological contamination levels. Notably, doses of 6-8 kGy showed near-complete elimination of pathogens. Additionally, the positive effect of radiation processing on the shelf life of poultry meat was identified. This study highlights the effectiveness of electron beam irradiation technology in ensuring the microbiological safety of poultry products and emphasizes its potential for industrial application.

Keywords: poultry meat, electronic accelerator ILU-10, microbiological index, safety, storage.

References

1. Petrov V.V., Pupkov YU.A. Radiatsionnaya stoykost' izolyatsionnykh materialov magnitnykh sistem uskoriteley [Radiation resistance of insulating materials of magnetic systems of accelerators] // Journal of Technical Physics. – 2016. – No. 7. – P. 65. [in Russian].
2. Kundu D, Gill A, Lui C, Goswami N, Holley R. Use of low dose e-beam irradiation to reduce E. coli O157: H7, non-O157 (VTEC) E. coli and Salmonella viability on meat surfaces // Meat science. – 2014. – No. 96(1). – P. 413-418.
3. Gurler Z, Pamuk S, Yildirim Y, Ertas N. The microbiological quality of ready-to-eat salads in Turkey: A focus on Salmonella spp. and Listeria monocytogenes // International Journal of Food Microbiology. – 2015. – No. 196. – P.79-83.
4. Hadjilouka A, Andritsos ND, Paramithiotis S, Mataragas M & Drosinos EH Listeria monocytogenes serotype prevalence and biodiversity in diverse food products // Journal of Food Protection. – 2014. – No. 77(12). – P. 2115-2120.
5. Chizh T.V., Kozmin G.V., Polyakova L.P., Melnikova T.V. Radiatsionnaya obrabotka kak tekhnologicheskiy priyem v tselyakh povysheniya urovnya prodovol'stvennoy bezopasnosti [Radiation treatment as a technological method for improving food security] // Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences. – 2011. – No. 4. – P. 44-49. [in Russian].
6. Shin M.H., Lee J.W., Yoon Y.M., Kim J.H., Moon B.G., Kim J.H., Song B.S. Comparison of quality of bologna sausage manufactured by electron beam or x-ray irradiated ground pork // Korean J. Food Sci. Anim. Resour. – 2014. – No. 34(4). – P. 464-471.
7. Vazirov R.A., Sokovnin S.YU., Balezin M.Ye. Radiatsionnaya poverkhnostnaya dezinfektsiya pishchevoy produktsii nanosekundym elektronnym puchkom

[Radiation surface disinfection of food products with a nanosecond electron beam] // International youth conference: Sovremennyye problemy radiobiologii, radioekologii i agroekologii [Modern problems of radiobiology, radioecology and agroecology]. – Russia, 2019. – P. 257-259. [in Russian].

8. Sweetie R., Kanatt Chawla S.P., Sharma A. Effect of radiation processing on meat tenderization // Radiation Physics and Chemistry. – 2015. – No. 111. – P. 1-8.
9. GOST 31467-2012. Myaso ptitsy, subprodukty i polufabrikaty iz myasa ptitsy. Metody otboraprob i podgotovka ikh k ispytaniyam [Poultry meat, by-products and semi-finished products from poultry meat. Methods of sampling and their preparation for testing]. – Introduced. 01.07.2013. – Moscow: Standartinform, 2019. – 6 p. [in Russian].
10. GOST 31931-2012. Myaso ptitsy. Metody gistologicheskogo i mikroskopicheskogo analiza [Poultry meat. Methods of histological and microscopic analysis]. – Introduced. 01.01.2014. – Moscow: Standartinform, 2019. – 4 p. [in Russian].
11. Kaziakhmedov A.C., Andrianova T.G. Veterinarno-sanitarnaya otsenka kachestva myasa posle sterilizatsii ioniziruyushchim izlucheniyem [Veterinary and sanitary assessment of meat quality after sterilization with ionizing radiation] // Journal of veterinary science and feeding "Vetkorm" – 2012. – No. 3. – P. 37-39. [in Russian].

ҒТАМР 65.33.29

А.М. Әбіш[1] – *негізгі автор,*
М.П. Байысбаева[2]

[1]*Магистр,* [2]*Техн. ғылым. канд., профессор*
[1]*https://orcid.org/0009-0005-8970-9159* [2]*https://orcid.org/0000-0002-1172-9281*
[1,2]*Алматы технологиялық университеті,*
Алматы қ., Қазақстан
[1]*ayazhan.abisheva1@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SPFA5770

ЗЫҒЫР ТҰҚЫМЫ ЖӘНЕ БОРАЙ ҰНЫН АШЫТҚЫСЫЗ ҚАРА БИДАЙ-БИДАЙ НАНЫНЫҢ РЕЦЕПТУРАСЫНА ҚОСУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Аңдатпа. Бұл мақалада жақсы сіңімділікке және ас қорыту процесін жеңілдетуге арналған зығыр тұқымының тұнбасы және борай ұны қосылған ашытқысыз нанның артықшылықтарын қарастырады. Заманауи қоғамда салауатты өмір салты мен дұрыс тамақтануға көбірек көңіл бөлу сонымен қатар, пайдалы әсер ететін өнімдерді жасау міндетін алдыға қояды. Нан өнімдеріне арналған оңтайлы отандық рецептураны табу осы процестің ажырамас бөлігі. Ашытқысыз нан технологиясын дамыту ашытқыларды қолданбай нан өнімдерін жасауға бағытталған. Зерттеу нанның қолайлы дәмі мен құрылымын қамтамасыз ету үшін сүт қышқылды бактериялар немесе ашымалдарды таңдауды қамтиды. Жұмыс зығыр тұнбасымен байытылған қара бидай ашымалы негізінде дайындалған ашытқысыз нанының рецептурасын зерттеуге және әзірлеуге арналған. Бұл тәсіл жоғары тұтынушылық қасиеті жоғары, тағамдық құндылығы, ерекше дәм мен денсаулыққа оң әсер ету әлеуетін біріктіріп, өнімді функционалды тамақтану саласында бірегей және перспективалы етеді.

Тірек сөздер: ашытқысыз нан, қара бидай ашымалы, рецептура, зығыр тұнбасы, борай ұны.

Әбіш, А.М. Зығыр тұқымы және борай ұнын ашытқысыз қара бидай-бидай нанының рецептурасына қосудың тиімділігі [Мәтін] / А.М. Әбіш, М.П. Байысбаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.17-24. https://doi.org/10.55956/SPFA5770

Кіріспе. Бүгінгі таңда наубайхана кәсіпорындарының алдында биологиялық белсенді заттармен байытылған, тағамдық құндылығы жоғары өнімдердің ассортиментін кеңейту, сапасын жақсарту бойынша бірқатар міндеттер тұр. Астық өнімдерін, нанның жеке сорттарын, ұнды кондитер өнімдерін, табиғи астық түрлерін тұтынушылардың басым бөлігі көптеп пайдаланады. Бидай наны және ұнды кондитер өнімдерінің барлық түрлері бидай ұнының сұрыптарынан алынатындығы белгілі, сұрыпты бидай ұны таза эндосперм бөлігінен алынатындықтан, оның құрамында ағзаға қажетті ақуыз, минерал заттар, тағамдық талшықтарға тапшы келеді. Сол себептен, бидай ұнынан алынатын нан және ұнды өнімдердің түрлерін шығарғанда

оның құрамын тапшы келетін пайдалы тағамдық заттарға байыту, ағзаға сіңімді, толық құнды ұнды өнімдерді алудың шешімі болып табылады. Ашытқысыз нанның пайдасы оның жақсы сіңетіндігі және ас қорытуды жеңілдететіндігімен негізделген. Сонымен қатар, бидай ұнының құрамындағы тағамдық заттардың төмен екенін ескере келе, құрамында ақуызға, витаминдерге бай қоспа қосуды қолдану қазіргі кездегі шешімін табу керек негізгі мәселелердің бірі [1].

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазіргі қоғамда әлеуметтік-экономикалық жағдайға байланысты дұрыс емес тамақтану белең алып, халықтың денсаулық ахуалының күрт төмендеуі байқалады. Осыған байланысты тұтынушылардың тобына қарай өнімдердің жекелеген рөлі зерттеліп, әртүрлі аурулардың алдын алуда олардың функционалды мүмкіндіктері қарастырылуда. Соңғы кезде салауатты тамақтанудың рационын құратын ашытқысыз нан алу және тағамдық қоспаларға деген көбірек көңіл бөлінуде. Бидай наны және ұнды кондитер өнімдерінің барлық түрлері бидай ұнының сұрыптарынан алынатындығы белгілі, сұрыпты бидай ұны таза эндосперм бөлігінен алынатындықтан, оның құрамында ағзаға қажетті ақуыз, минерал заттар, тағамдық талшықтарға тапшы келеді [2]. Сол себептен, бидай ұнынан алынатын нан және ұнды өнімдердің түрлерін шығарғанда оның құрамын тапшы келетін пайдалы тағамдық заттарға байыту, ағзаға сіңімді, толық құнды ұнды өнімдерді алудың шешімі болып табылады. Ашытқысыз нанның пайдасы оның жақсы сіңетіндігі және ас қорытуды жеңілдететіндігімен негізделген. Сонымен қатар, бидай ұнының құрамындағы тағамдық заттардың төмен екенін ескере келе, құрамында ақуызға, витаминдерге бай қоспа қосуды қолдану қазіргі кездегі шешімін табу керек негізгі мәселелердің бірі.

Қара бидай ұнынан жасалған ашымалдың артықшылығы:

Қара бидай ашымалы ішектің денсаулығына ықпал ететін пробиотиктердің бай құрамына байланысты пайдалы. Қара бидай ашымалы құрамындағы пробиотиктер ас қорытуды жақсартады, қоректік заттардың сіңуіне көмектеседі және ағзадағы қабынуды азайтады. Ашымал пробиотикалық қасиеттеріне байланысты холестерин деңгейін реттеуге көмектеседі [3].

Кейбір жағдайларда қара бидай ашымалын тұтыну иммундық жүйеге пайдалы әсерінің арқасында аллергия қаупін азайтуы мүмкін. Ғалымдар сонымен қатар ашымалды үнемі тұтыну қант диабеті және семіздік сияқты кейбір аурулардың даму қаупін азайтуға көмектеседі деп санайды. Қара бидай ашымалы құрамында В дәрумені, кальций және магний сияқты дәрумендер мен минералдар бар, олар жалпы денсаулыққа ықпал етеді. Сонымен қатар, қара бидай ұны ас қорытуды және жалпы ішек денсаулығын жақсартуға көмектесетін талшыққа бай. Онымен дайындалған тағамдардың гликемиялық индексін төмендетуі мүмкін, бұл қандағы қант деңгейін бақылау үшін пайдалы [4].

Зығыр дәні өсімдік шикізаттарының ішіндегі бағалы ингредиенттер көзі болып табылады. Зығыр дәнінің диеталық тағам ретінде қолданылуының дәлелі, оның құрамында жоғары сіңірілген өсімдік ақуызының болуы. Ақуыз құрамы зығыр дәнінде 22%, лизин бидай ұнымен салыстырғанда 5-5,3 есеге, треонин 4,5-4,6 есеге жоғары, сондай-ақ көмірсулары екі есеге төмен. Ал, тағамдық талшықтары 30%-ға дейін жоғары, минерал заттарға бай болып келеді. Зығыр дәнінің артықшылығы – рак клеткаларының қалыптасуына

ықпал ететін гормондармен бәсекелесуге қарсы күресетін өсімдік антиоксиданттарының көп болуы.

Функционалды мақсаттағы әртүрлі тағамдық қоспалардың ассортиментін алу үшін дәстүрлі емес шикізаттың ең перспективалы түрлеріне борай ұны жатады. Борай – біздің дәуірімізге дейін жеп келе жатқан пайдалы дәнді дақыл. Өткен ғасырда ол негізсіз ұмытылды, бірақ бүгінде салауатты өмір салты мен дұрыс тамақтануды насихаттаудың арқасында бұл дақыл қазіргі бидайдың атасы, оның жабайы атасы болып табылады. Оның дәмі аздап жаңғаққа ұқсас. Бүгінгі күні наннан, түрлі кондитерлік өнімдерден, тіпті йогурттардан ботқалар ғана дайындалады. Осы маңызды ұлттық экономикалық мәселені шешу үшін борай ұнын кешенді өңдеудің ғылыми-практикалық негіздерін әзірлеу қажет.

Ашытқысыз нанның технологиялық және тұтынушылық шешімдерін талдай отырып, сипаттамалық көрсеткіштеріне сәйкес сұранысқа ие болатын жаңа отандық өнімнің рецептурасын қалыптастыру зерттеу жұмыстың өзектілігін анықтайды [5].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл жұмыста қара бидай ұны (МЕМСТ 52809-2007), борай ұны, зығыр дәні отандық аудандастырылған Карабалық сорты, жаңа ашымал зерттеу нысаны болып табылады.

Зерттеу барысында зерттеу субъектісіне мыналар жатады:

– Еленген қара бидай ұны(МЕМСТ 52809-2007);
– Бірінші сұрыпты бидай ұны(МЕМСТ 26574-85);
– Борай ұны(МЕМСТ 27558-87);
– Отандық аудандастырылған «Қарабалық» сортты зығыр дәні;
– Зығыр дәні тұнбасы;
– Қара бидай ұнынан дайындалған қою ашымал;
– Зығыр дәні тұндырмасы мен борай қосылған қара бидай қою ашымалы;
– Ас тұзы;
– Бал;
– Күнбағыс тұқымы;
– Қамырдың зертханалық үлгілері;
– Пісірілген өнімдердің зертханалық үлгілері.

Осы жұмыстың мақсатына сәйкес нанның тағамдық және биологиялық құндылығын жоғарлатып диеталық мақсатта жаңа түрін алу үшін жаңа ашымал түрін таңдау мақсатында: қара бидай ашымалы, борай ұны қосылған қара бидай ашымалы, зығыр дәні тұндырмасы қосылған қара бидай ашымалы, борай ұны мен зығыр дәні тұндырмасы қосылған қара бидай ашымалы.

Борай ұны қоспасының нанының сапасына әсер етуін зерттеу үшін тиімді мөлшерін анықтау мақсатында 30, 50, 70, 100% ұн массасына шаққанда қосылған үлгілер дайындалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу барысында төрт түрлі ашымалдың соңғы қышқылдылығы анықталып, тұндырма қосылған үлгілерде көрсеткіштің жоғарлағаны байқалды. Бұл тұндырма қосылған ашымалда қышқылдылықтың жиналғанын білдіреді. Бұл жетістік шырышты полисахаридтерге байланысты, олар қышқыл полисахаридтерге жатады және үш жоғары молекулалық полисахаридтер қоспасы болып табылады. Ашымалдың консистенциясы, сапасы, қышқылдығы борай ұнын еленген қара бидай ұнына 50%-ға қосқанда жақсы болып, тиімді нұсқа деп таңдалды.

Ашымалдың ашығыш микрофлораларына оң әсер ететін қабілеті бар көмірсутек компоненттерінің (минералды, азотты витаминдер) бір қатарының болуы ашымалдың құрамына зығыр дәні тұндырмасын қосу есебінен технологиялық үдерсті қарқындату әдісін ұсынуға болады. Сондықтан да нанның рецептурасындағы ұнның массасына шаққанда зығыр дәні қоспасы 30, 50, 70, 100% және дайын өнімнің сапа көрсеткіштері анықталды. 30% зығыр дәні қоспасы қосылған үлгіде қамыр қоңырқай түсті, иісі және дәмі өзіне тән болды. 50%-дан жоғары зығыр дәні қосылған нұсқада түсінде өзгешелік болып, зығыр ұны қосылғаны біліне бастады. Зығыр дәні дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштеріне, өнімнің түсі мен дәміне айтарлықтай әсерін тигізеді. Зығыр дәні мөлшерінің жоғарылауы нәтижесінде нан үгіндісі күңгірт, сұр болады [6]. Ол зығыр ұнының әлсіз дәмі мен мен иісіне тән. Дегенмен де тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары нан алу үшін зығыр ұнының рецептураға қосылатын мөлшерін жоғарылату мақсатында сапасы жақсы деп таңдалған ашымалдан нан дайындалды. Престелген ашытқының орнына борай ұны мен зығыр дәніне тұндырмасы қосылған қара бидай ашымалын қосып дайындалған нанның сапа көрсеткіштері 1-кестеде жазылған. Ашымалмен дайындалған дайын өнімнің зығыр дәні мөлшерінің жоғарылаған сайын қатты нашарламайтынын көрсетті. Престелген ашытқымен дайындалған нұсқада зығыр дәнінің қосылатын мөлшері 30%, ал, ашымалмен дайындалған нұсқада 50%-ға дейін қосылған сапасы жақсы нан алынды. Сонымен нанның рецептурасына қосылатын борай ұнының тиімді мөлшері ұн масссасына шаққанда 50% болды. Зығыр дәні тұндырмасы қосылған қара бидай ашымалынан дайындалған нанның сапасы борай дәнінің қосылатын мөлшеріне сапалы ашымал қосылмаған нұсқамен салыстырғанда жақсарғандығын айтуға қолады. Бұл тұндырма қосу кезінде қамырдың су сіңірімділік қабілетінің жоғарылауы дайын өнімнің дұрыс пішін беруімен жақсаратындығымен түсіндіріледі. Пішінінің дұрыс болуы тұндырмадағы қосымша ақуыздардың қамырдың су сіңірімділік қабілетін жақсартумен түсіндіріледі [7,8]. Зығыр шырышы жақсы тұтқырлық және тұрақтандырушы қасиетке ие болғандықтан жақсы көрсеткіштегі: дұрыс көлем мен қопсыған нан алуға мүмкіндік береді.

Кесте 1

Зығып тұнбасы қосылған өнімінің сапа көрсеткіштері

Көрсеткіштердің атауы	Бақылау	Зығыр дәні қоспасы мөлшері, %			
		5	10	15	20
Пішіні	Төртбұрыш, дұрыс пішінді	Төртбұрыш, дұрыс пішінді			
Нан пішінінің дұрыстығы	Жасалған нанның пішініне сәйкес, қалыпты, пішіні дұрыс				
Түсі	Сарғыш	Ақшыл-сары	Ақшыл-сұрғыш	Сарғыш-қоңыр	Сұрлау
Дәмі және иісі	Нанның өніміне тән бөгде иіс пен дәмсіз	Зығыр иісі аздап сезіледі		Зығыр дәмі мен иісі анық сезіледі	
Ылғалдылығы, %	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Қышқылдылығы, град	3,0	3,2	3,5	3,2	4,0
Кеуектілігі, %	68,0	70,0	70,0	69,0	72,0

Қорытынды. Борай ұны, зығыр дәнінің тұндырмасы қосылған қара бидай ашымалында сүт қышқылды бактериялардың биомассасының

қарқынды өскендігі байқалып, ашымалда қышқылдылықтың тез жинақталуынан қамырдағы биохимиялық үдерістердің жүру жылдамдығы артып, технологиялық циклдың қысқарғаны анықталды [9]. Ұнның наубайханалық қасиетін анықтау барысында бидай ұнына борай ұны қосылып жуылған шикі желімшенің серпімділік қасиетінің жақсаруы, борай ұнының құрамындағы полиқанықпаған май қышқылдарының, ақуыз желімшесінің түзілу үдерісіне байланысты су сіңірімділік қабілетінің жоғары болуынан ұн күшінінің жақсарғаны анықталды. Ұнның газ түзілу қабілетіне зығыр ұны құрамындағы қанттардың, аминқышқылдарының мөлшері, крахмал түйіршіктерінің ұсақ болуы оң әсер етіп ферменттермен байланысы тездетіліп, қамырдың өте қарқынды ашуынан бірінші сұрып бидай ұнымен салыстырғанда бөлінетін көмірқышқыл газының мөлшерінің 46%-ға жоғарылағаны анықталды. 2-кестеде жартылай фабрикаттың сапа көрсеткіштеріне борай ұнының әсер етуі келтірілген.

Кесте 2

Жартылай фабрикаттың сапа көрсеткіштеріне борай ұнының әсер етуі

Көрсеткіштер	Бақылау нұсқасы	Борай ұнының мөлшері, %			
		30	50	70	100
Көзмөлшерлік көрсеткіштері					
Түсі	Қою-қоңыр	Қою-қоңыр	Қоңыр	Ақшыл-қоңыр	Ақшыл-қоңыр
Иісі	Спиртті	Спиртті	Спиртті	Спиртті	Спиртті
Консистенциясы	Қою	Қою	Қою	Қою	Қою
Физикалық-химиялық көрсеткіштері					
Ылғалдығы, %	35,0	34,0	36,5	43,0	43,5
Қышқылдығы, град	8	8	10	6	6
Температурасы, ºС	27-28	27-28	27-28	27-28	27-28

Бидай ұнынан жасалған қамыр күрделі гетерогенді коллоидты дисперсті жүйеден тұрады. Қамырға әр түрлі қоспалар, жақсартқыштар қосқанда, оның реологиялық қасиеті жақсарады немесе нашарлайды. Қамырда оның құрылысы мен механикалық қасиетін өзгертетін физика-химиялық және биохимиялық процестер белсенді жүреді. Қазіргі кезде физикалық дененің, қамырдың деформациясын және коллоидты дисперсті жүйесін реологиялық әдіспен бақылайды. Бұл жұмыста қамырдың реологиялық қасиетін анықтау үшін арнайы қондырғы «Структурометр-СТ2» қолданылды. Осы қондырғыда қамырдың реологиялық қасиеті оның серпімді созылғыш деформациясының қатынасы арқылы режимін таңдау арқылы анықталды [10].

Бақылау үлгі ретінде қоспа қосылмаған бидай наны рецептурасы бойынша иленген қамыр сынамасы анықталды. Бақылау үлгіде қамырды илеп болған соң 148 мм созылғыштық шегіне жетіп серпілсе, ашып болған соң бұл көрсеткіш бойынша деформация қатынасы 217 мм көрсетті. 30% борай ұны қосылған қамырдың илеп болған соң және ашығаннан кейінгі деформация қатынасы 162 мм және 223 мм, 50% борай ұны қосылғанда бұл көрсеткіш сәйкесінше 190 мм мен 199 мм болды. Осы қисық сызықтан қамырдың серпімді созылғыштық деформациясы қатынасы қамырды илеп болған соң бірден анықтағанда борай ұнының қосылатын мөлшеріне қарай жоғары көрсеткіште болды, қамырдың созылғыштығы серпімділігімен салыстырғанда төмен, демек қамыр серпімді, деформациялануға көп күш

жұмсалатын көруге болады. Ал, ашып болған соң анықталған үлгілерде қамырдың созылғыштығы серпімділіктен жоғары, деформацияланға аз күш жұмсалғаны байқалды, бұл қамырдың ашуы кезінде бөлінетін екі молекула көмірқышқыл газ көпіршіктерінің бөлініп, үлкеюінен желімше қаңқасының құрылымын созып, қамырдың тығыздығының аздап төмендеуінен қамырдың құрылысының жұмсарғандығымен түсіндіріледі. Сонымен қатар қисық сызықтың динамикасының өзгеруі қамырды илеп болған соң коллиодты үдерістің толық жүріп аяқталмауынан да қосылған борай ұнының бірден әсер етпеуінен бақылау үлгімен салыстырғанда аз байқалады. Ал, қамыр 1-1,5 сағат ашу барысында барлық рецептуралық компоненттердің араласып, ақуыздардың толықтай ісініп, крахмалдың клейстерленуі аяқталып, коллоидты үдерістің ашу кезінде де жалғасуынан қосылатын зығыр ұнының әсері айқынырақ байқалады.

Қамырдың құрылыс-механикалық қасиеттерін анықтаудан алынған зерттеу нәтижелері бойынша бидай қамырын илеудің рецептурасына жалпы ұн массасына шаққанда 50% борай ұны қосып нан дайындау тиімді нұсқа деп таңдалып, осындай мөлшерде қосылған қоспалардан жақсы сапалы нан алынатындығының алғышартын анықтайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Нуралы, А.М. Эффективность применения сорбентов из растительного сырья [Текст] / А.М. Нуралы, С.Х. Акназаров, М.А. Бийсенбаев, О.Ю. Головченко, М.А. Нуралиев //Новости науки Казахстана. – 2019. – № 2 (140). – С. 174-184.
2. Motrena S.G., Carvalho M.J., Canada J. et.al. Characterization of gluten-free bread prepared from maize, rice and tapioca flours using the hydrocolloid seaweed agaragar //Recent Res. Sci. Technol. – 2011. – Vol. 3. – P. 64-68.
3. Cai L.M., Choi I., Park C.S., Baik B.K. Bran hydration and physical treatments improve the bread-baking quality of whole grain wheat flour //Cereal Chem. – 2015. – Vol. 92. – P. 557-564.
4. Moroniab Alice V., Belloab Fabio Dal, Arendta Elke K. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? //Food Microbiology. – 2009. – Vol. 26 (7). – P. 676-684.
5. Назарова, О.М. Совершенствование технологии и товароведная оценка ржано-пшеничного хлеба на основе густой ржаной закваски и настоя из семени льна [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / О.М. Назарова. – Владивосток, 2017. – 145 с.
6. Усембаева, Ж.К. Жалпы тамақ өндірісінің технологиясы пәніне арналған лабораториялық оқу құралы [Мәтін]: оқу құралы. / Ж.К. Усембаева. – Алматы: АТУ баспасы, 2017. – 161 б.
7. Пьяникова, Э.А. Разработка технологии цельнозернового хлеба с применением различных заквасок [Текст] / Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, Е.И. Быковская, И.А. Говядова, О.С. Тараторина // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК продукты здорового питания. – 2022. – № 4. – С. 23-30.
8. Цыганова, Т.Б. Перспективы глубокой переработки семян льна [Текст] / Т.Б. Цыганова [и др.] // Хлебопечение России. – 2016. – № 4. – С. 12-15.
9. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств [Текст] / под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 2011. – 336 с.
10. Байысбаева, М.П. Нан өнімдерінің сапасын бағалау әдістері [Мәтін]: оқу құралы / М.П. Байысбаева. – Алматы: «Darkhan», 2020. – 171 б.

Материал редакцияға 15.09.24 түсті, 18.02.25 қабылданды.

А.М. Абиш[1], М.П. Байысбаева[1]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБАВЛЕНИЯ СЕМЯН ЛЬНА И ПОЛБЯНОЙ МУКИ В РЕЦЕПТ БЕЗДРОЖЖЕВОГО РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Аннотация. В данной статье рассматривается польза бездрожжевого хлеба для лучшей усвояемости и облегчения пищеварения. В современном обществе все больше внимания уделяется здоровому образу жизни и правильному питанию, что также выдвигает задачу создания продуктов с полезным действием. Поиск оптимальной отечественной рецептуры хлебобулочных изделий является неотъемлемой частью этого процесса. Разработка технологии бездрожжевого хлеба направлена на изготовление хлебобулочных изделий без использования дрожжей. Исследования включают выбор молочнокислых бактерий или дрожжей для обеспечения подходящего вкуса и текстуры хлеба. Работа посвящена исследованию и разработке рецептуры бездрожжевого хлеба, приготовленного на основе ржаной закваски, обогащенной порошком амаранта с добавлением настоя семян льна. Такой подход сочетает в себе потенциал высокого потребления, высокую пищевую ценность, особый вкус и положительное влияние на здоровье, что делает продукт уникальным и перспективным в области функционального питания.

Ключевые слова: бездрожжевой хлеб, ржаная закваска, рецептура, настой льна, полбяная мука.

A.M. Abish[1], M.P. Bayysbaeva[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

EFFICIENCY OF ADDING FLAX SEED AND SPELT FLOUR TO THE RECIPE OF YEAST-FREE WHEAT BREAD

Abstract. This article discusses the benefits of yeast-free bread for better digestibility and easier digestion. In modern society, more and more attention is paid to a healthy lifestyle and proper nutrition, which also raises the challenge of creating products with beneficial effects. The search for the optimal domestic recipe for bakery products is an integral part of this process. The development of yeast-free bread technology is aimed at producing bakery products without the use of yeast. Research involves selecting lactic acid bacteria or yeast to provide suitable flavorand texture to the bread. The work is devoted to the research and development of a recipe for yeast-free bread prepared on the basis of rye sourdough, enriched with amaranth powder with the addition of flax seed infusion. This approach combines high consumption potential, high nutritional value, distinctive taste and positive health effects, making the product unique and promising in the field of functional nutrition.

Keywords: yeast-free bread, rye sourdough, recipe, flax infusion, spelt flour.

References

1. Nuraly A.M., Aknazarov S.KH., Biysenbayev M.A., Golovchenko O.YU., Nuraliyev M.A. Effektivnost' primeneniya sorbentov iz rastitel'nogo syr'ya [Efficiency of using sorbents from plant raw materials] // Science News of Kazakhstan. – 2019. – No. 2 (140). – P. 174-184. [in Russian].
2. Motrena S.G., Carvalho M.J., Canada J. et.al. Characterization of gluten-free bread prepared from maize, rice and tapioca flours using the hydrocolloid seaweed agaragar //Recent Res. Sci. Technol. – 2011. – Vol. 3. – P. 64-68.

3. Cai L.M., Choi I., Park C.S., Baik B.K. Bran hydration and physical treatments improve the bread-baking quality of whole grain wheat flour //Cereal Chem. – 2015. – Vol. 92. – P. 557-564.
4. Moroniab Alice V., Belloab Fabio Dal, Arendta Elke K. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? //Food Microbiology. – 2009. – Vol. 26 (7). – P. 676-684.
5. Nazarova, O.M. Sovershenstvovaniye tekhnologii i tovarovednaya otsenka rzhano-pshenichnogo khleba na osnove gustoy rzhanoy zakvaski i nastoya iz semeni l'na [Improvement of technology and commodity evaluation of rye-wheat bread based on thick rye sourdough and flaxseed infusion]: dis. ... Candidate of Technical Sciences. – Vladivostok, 2017. – 145 p. [in Russian].
6. Ucembaeva, ZH.K. ZHalpy tamak¸ öndípícíníň tekhnologiyacy pəníne apnalġan labopatopiyalyk¸ ok¸u k¸ūraly [Development of whole grain bread technology using various starters in a laboratory]: Study Guide. – Almaty: ATU bacpacy, 2017. – 161 b. [in Kazakh].
7. P'yanikova E.A., Kovaleva A.Ye., Bykovskaya Ye.I., Govyadova I.A., Taratorina O.S. Razrabotka tekhnologii tsel'nozernovogo khleba s primeneniyem razlichnykh zakvasok [Development of technology of whole grain bread using various starters] // Tekhnologiya pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK produkty zdorovogo pitaniya [Technology of food and processing industry of the agro-industrial complex healthy food products]. – 2022. – No. 4. – P. 23-30. [in Russian].
8. Tsyganova T.B. et al. Perspektivy glubokoy pererabotki semyan l'na [Prospects for deep processing of flax seeds] // Bakery of Russia. – 2016. – No. 4. – P. 12-15. [in Russian].
9. Laboratornyy praktikum po obshchey tekhnologii pishchevykh proizvodstv [Laboratory workshop on general technology of food production] / ed. L.P. Kovalskaya. – Moscow: Agropromizdat, 2011. – 336 p. [in Russian].
10. Bayysbayeva, M.P. Nan önímderíníň sapasyn baġalau ədísterí [Methods for assessing the quality of bakery products]: Study Guide. – Almaty: «Darkhan», 2020. – 171 p. [in Kazakh].

IRSTI 65.59.31

G. Jumabekova[1] – *main author*,
M. Serikkyzy[2], A. Serikbaeva[3], L. Sengirbekova[4], Zh. Tokanova[5]

[1]PhD student, [2]Associate Professor, [3,4,5]Lecturer

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-8693-6894 [2]https://orcid.org/0000-0002-5110-9570*
[3]https://orcid.org/0000-0001-8252-1034 [4]https://orcid.org/0000-0002-0047-7381
[5]https://orcid.org/0000-0002-1974-6545

[1,2,3,4]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[5]International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan

@ *[1]gulzirashabaevna@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/QTIK2882

GOJI BERRIES AS A FUNCTIONAL ADDITIVE IN THE PRODUCTION OF SEMI-SMOKED SAUSAGES

Abstract. In order to reduce sodium nitrite in the composition of sausages and ensure an increase in the functional properties of the product, as well as expand the range, a recipe for semi-smoked sausage with the addition of goji berries has been developed. A study was carried out on the organoleptic characteristics of semi-smoked sausage with the addition of goji berries. To taste a new type of semi-smoked sausage, several types of samples were prepared: Sample No. 1: 7 g of goji berries and 2 g of sodium nitrite were added to 10 kg of raw materials. Sample No. 2: 5 g of goji berries and 3 g of sodium nitrite were added to 10 kg of raw materials. Sample No. 3: 3 g of goji berries and 6 g of sodium nitrite were added to 10 kg of raw materials. As a result of the organoleptic evaluation, it was found that when goji berries are added to minced meat, the product acquires a pronounced taste of goji berries. For production, a recipe is recommended using goji berries in an amount of 5 g by weight of the main raw material. Semi-smoked sausage with goji berries has an original taste, thus, the production of sausage with goji berries expands the range of products. A study was also conducted to identify toxic elements. No toxic elements have been identified in the finished product, that is, the finished product is safe for consumption.

Keywords: fortified and functional food products, semi-smoked sausage, goji berries, quality, food safety.

Jumabekova G., Serikkyzy M., Serikbaeva A., Sengirbekova L., Tokanova Zh. Goji berries as a functional additive in the production of semi-smoked sausages //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.25-32. https://doi.org/10.55956/QTIK2882

Introduction. Quality nutrition is an important factor determining human health. An important task of the meat industry is to provide the population with products enriched not only with meat protein, but also with biologically active additives, such as dietary fiber, macro- and microelements, and vitamins. Thus, balancing these components makes it possible to create specialized or enriched functional foods that support the functioning of organs and systems, strengthen the human body, prevent disease and restore the body [1].

The Republic of Kazakhstan offers a fairly wide range of sausage products in a wide price range. In sausages prepared according to traditional recipes, sodium nitrite is added to improve color. Sodium nitrite is a salt of nitrous acid. It has antibacterial and antioxidant properties, therefore it is used in food production as a preservative and, incidentally, as a color fixative. Sodium nitrite is usually listed on labels as food additive E250. This dietary supplement helps prevent botulism. But there is an opinion that due to sodium nitrite, nitrosamines are formed in the body, which cause cancer. In a slightly acidic condition. - in the environment of the stomach - nitrosamines can be synthesized under the influence of sodium nitrite. Therefore, in order to reduce or partially replace this preservative, you can use vegetable raw materials. One such plant is the goji berry. The homeland of goji berries is Asia, namely the fertile lands of the mountain valleys of the Himalayas and Tibet [2].

Goji berries are rich in vitamins C (ascorbic acid) and group B, as well as micro and macro elements such as: zinc, phosphorus, iron, copper, selenium, germanium, calcium, beta-carotene, thiocyanates, antioxidants, amino acids, subsaccharides, glycosinolates, flavonoids and steroid saponins, thiamine, zeaxanthin, riboflavin. Goji berries are also used in the development of functional products [3].

In this regard, the manufacturer is faced with the task of releasing new assortment units made according to original recipes in order to ensure the safety of sausages and increase the functional properties of the product, as well as meet consumer demand [4].

The purpose of these scientific studies is to develop a recipe for semi-smoked sausage with the addition of goji berries, with the aim of reducing sodium nitrite in the composition of sausages and ensuring an increase in the functional properties of the product, as well as expanding the range in the domestic market aimed at a wide range of consumers.

To achieve this goal, the following tasks were set:

– develop a recipe for a new type of semi-smoked sausage with the addition of goji berries;

– to determine the organolemic characteristics of a new type of semi-smoked sausage with the addition of goji berries.

Materials and methods. The object of the study is semi-smoked sausage with goji berries.

Experimental studies were carried out in the conditions of the “Department of Safety and Quality of Food Products” of the Almaty Technological University, as well as in the accredited testing laboratory “Food Safety”. Sapa LLP produced a experimental batch of enriched semi-smoked sausage using goji berries for people of different age groups and teenagers.

To develop a new type of semi-smoked sausage with the addition of goji berries, was used the interstate standard State standard 31785-2012 “Semi-smoked sausages. Technical conditions”.

To determine the organoleptic indicator, was used the State standard 7269-79 standard. Meat. Sampling methods and organoleptic methods for determining freshness. The appearance of sausage products should be loaves with a clean, dry surface, without stains, slips, damage to the shell, minced meat sagging, elastic consistency, cross-sectional appearance of the minced meat evenly mixed, the color of the minced meat from red to dark red, without gray spots or voids. The smell and taste are characteristic of this type of product, with a pronounced aroma of spices, smoke and the smell of garlic, without any foreign taste or smell.

The content of heavy metals was determined according to State standard 26930-86 standard, which applies to food raw materials and products and establishes a colorimetric method for determining arsenic.

State standard 26931-86 standard applies to food raw materials and products and establishes polarographic and colorimetric methods for the determination of copper.

State standard 26932-86 standard applies to food raw materials and products and establishes a method for determining lead.

State standard 26933-86 standard applies to food raw materials and products and establishes a method for determining cadmium.

State standard 26934-86 standard applies to food raw materials and products and establishes a method for determining zinc [5].

Research results. Tasting of a new type of semi-smoked sausage with the addition of goji berries was carried out in laboratory conditions at the Almaty Technological University. To taste a new type of semi-smoked sausage, several types of samples were prepared:

Control sample: add table salt – 300 g, sodium nitrite – 7.5 g, granulated sugar – 14 g, garlic – 20 g to 10 kg of raw materials.

Sample No. 1 with goji berries 7g: per 10 kg of raw materials add table salt – 300 g, sodium nitrite – 2g, goji berries – 7g, granulated sugar – 14g, garlic – 20g.

Sample No. 2 with goji berries 5g: per 10 kg of raw materials add table salt – 300 g, sodium nitrite – 4g, goji berries – 5g, granulated sugar – 14g, garlic – 20g.

Sample No. 3 with goji berries 3g: per 10 kg of raw materials add table salt – 300 g, sodium nitrite – 6g, goji berries – 3g, granulated sugar – 14g, garlic – 20g.

Figure 1 shows the processes for preparing semi-smoked sausage with the addition of goji berries [5].

Raw materials: for salting uses beef, tail fat, chicken fillet in pieces. The salted raw materials are kept at a temperature of 3±1℃ for 18-24 hours.

Preparation of minced meat: salted raw materials in pieces are ground on a grinder with a grid hole diameter of 2-3mm.

The crushed raw materials are mixed in a mixer for 6-8 minutes with the addition of spices, garlic, sodium nitrite and goji berries. Then add the fat, chopped into pieces, in small portions and mix for another 2-3 minutes.

Mixing is carried out until a homogeneous minced meat is obtained and the tail fat is evenly distributed in it. The total mixing time is 6-8 minutes, the temperature of the minced meat should not exceed 12℃. The time interval from the end of preparing the minced meat to the start of filling the casings should not exceed 6 hours.

Filling shells with minced meat (injection): filling shells with minced meat is carried out using hydraulic P = 12-13 atm. (1.17-1.27 MPa), vacuum P = 10-13 atm. (0.98-1.27 MPa) and pneumatic P = 6-8 atm. (0.58-0.79 MPa) syringes. The shell is filled tightly, especially compacting the minced meat when tying the free end of the shell. The loaves are tied with twine. The loaves should not touch each other to avoid sticking.

Upsetting: The tied loaves are hung on sticks and frames and subjected to upsetting for 2-4 hours at 4-8℃ and then sent for heat treatment.

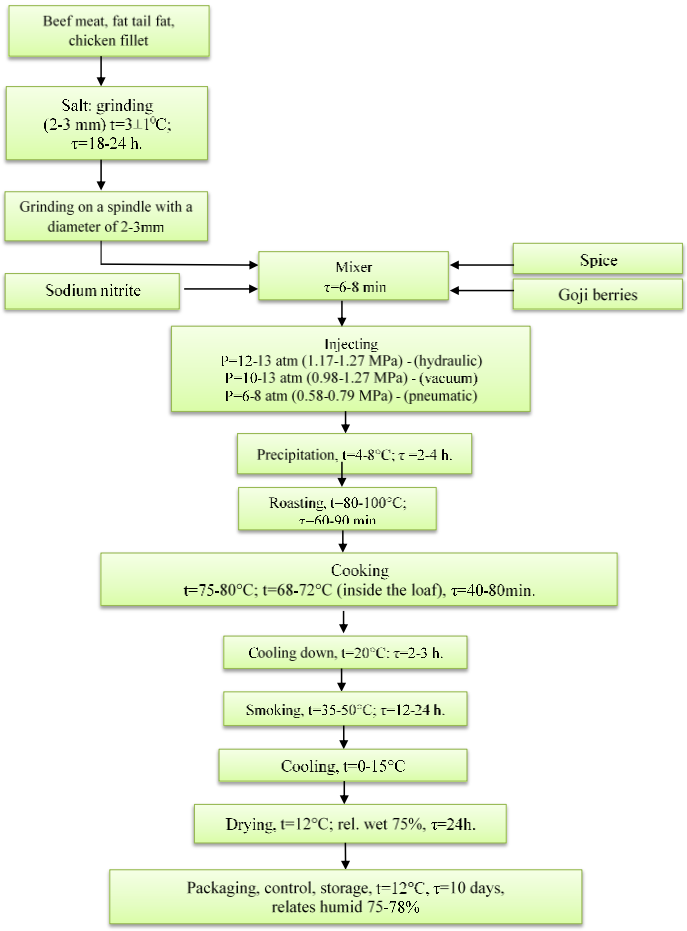


Fig. 1. Recipe for semi-smoked sausage with the addition of goji berries

Heat treatment: It is carried out in stationary frying, cooking and smoking chambers or continuous thermal units with automatic temperature and relative humidity control. After sedimentation, the loaves are fried for 60-90 minutes at 80-100°C. The end of the roasting process is determined by the drying of the shell and the reddening of the surface of the loaves. The fried loaves are steamed in steam chambers at 75-80°C, the sausage is cooked until the temperature in the center of the loaf rises to 68-72°C. Cooking duration is 40-80 minutes. After cooking, the sausage is cooled for 2-3 hours at a temperature not exceeding 20°C and then smoked in smoking or frying chambers at 35-50°C for 12-24 hours. Cool at a temperature of 0-15°C [6].

Drying: the sausage is dried at a temperature of 12°C and a relative air humidity of 75% for 1-2 days until it acquires an elastic consistency and reaches the standard mass fraction of moisture.

Packaging, storage and quality control of semi-smoked sausages. Consumer and transport packaging, packaging materials and fastening materials must comply with the requirements or regulations. Transport packaging must be clean, dry, free from mold and foreign odors. Semi-smoked sausages, including packaged ones, are placed in boxes made of corrugated cardboard in accordance with State standard 13511, State standard 13513. It is allowed to sell semi-smoked sausages packed in reusable polymer or aluminum boxes, in containers or in packaging equipment.

Reusable boxes intended for transportation of semi-smoked sausages that are not packaged under vacuum or modified atmosphere conditions must have a lid. In the absence of a lid, it is permissible for local sales to cover the boxes with parchment in accordance with State standard 1760. Reusable boxes, containers, container equipment are subject to sanitary treatment after each use for transporting food products. The net weight of semi-smoked sausages in corrugated cardboard boxes should be no more than 20 kg, in containers – no more than 250 kg; Gross weight of products in reusable boxes is no more than 30 kg [7].

The shelf life and storage conditions for semi-smoked sausages, which guarantee the safety, quality and safety of the product, are established by the manufacturer. Semi-smoked sausages are released for sale, transported and stored at temperature and relative humidity at any measurement point in accordance with the storage conditions established by the manufacturer. Semi-smoked sausages are stored in a suspended state at a temperature not exceeding 12℃ and a relative air humidity of 75-78% for no more than 10 days. In refrigerated rooms at no higher than 6℃ and a relative air humidity of 75-78%, semi-smoked sausages packed in boxes can be stored for no more than 15 days, and at a temperature of -7...-9℃ for up to 3 months. Semi-smoked sausages are transported under conditions that ensure their safety and quality, in vehicles in accordance with the rules for transporting food products in force for the corresponding type of transport [8].

The proposed method ensures an increase in organoleptic characteristics and the color preservation of sausages.

The use of berry powder allows to reduce the sodium nitrite content in the remains of the finished sausage product to 0.5%. Accordingly, this will reduce the content of by-products, including nitrosamines, which are formed during drying, smoking and heat treatment.

The invention is aimed at achieving stable color of sausages during storage and improving their environmental characteristics and food safety.

In order to improve the quality of semi-smoked sausages, non-traditional raw materials were added to the composition. Semi-smoked sausages with the addition of goji berries in quantities of 3g, 5g and 7g were taken as additional samples.

Discussion. Organoleptic indicators. All qualitative composition was assessed on a 5-point scale. Among the main components of quality, the following indicators were selected: appearance, color, taste, smell and consistency.

The assessment of the organoleptic characteristics of sausages on a 5-point scale is given in Table 1.

Table 1

Organoleptic characteristics of semi-smoked sausages

Indicators	Control	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3
Appearance	5	4	5	5
Consistency	5	5	5	5
Color and cross-sectional appearance	5	3	5	5
Smell and taste	5	3	5	5
Shape and size	5	4	5	5

As a result of the organoleptic evaluation, it was found that when goji berries are added to minced meat, the product acquires a pronounced taste of goji berries. When adding goji berries in an amount of 7g. by weight of the total amount of raw materials, a brighter and a distinct bright taste is noted. The results obtained during

the study allow us to draw the following general conclusions: the possibility and feasibility of using goji berries as a flavoring additive, as well as an additive that increases the nutritional value of the finished product, in the production of semi-smoked sausage has been established. Semi-smoked sausage with goji berries has an original taste and contains more proteins and fats compared to the control sample. Draft technical documentation has been developed for the production of semi-smoked sausage with goji berries. For production, a recipe using goji berries in an amount of 5g is recommended. From the mass of the main raw materials. Thus, the production of sausage with goji berries expands the range of products. Thanks to its original taste, semi-smoked sausage with goji berries will be in demand on the market, and its production is economically profitable [9,10].

The results of our research of heavy metals in semi-smoked sausages are presented in Table 2.

Table 2

Heavy metals in semi-smoked sausages

Indicators	Control	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3
Lead	Not identified	Not identified	Not identified	Not identified
Copper	Not identified	Not identified	Not identified	Not identified
Lead	Not identified	Not identified	Not identified	Not identified
Cadmium	Not identified	Not identified	Not identified	Not identified

As we can see in Table 2, toxic elements were not identified in the finished product. That is, the finished product is safe to use.

Conclusion. In order to improve the quality of semi-smoked sausages, non-traditional raw materials were added to the composition. The use of goji berry powder allows to reduce the sodium nitrite content in the remains of the finished sausage product by up to 50%. As a result of the organoleptic evaluation, it was found that when goji berries are added to minced meat, the product acquires a distinct bright colour and taste of goji berries. The concentration level of the main toxic elements in sausage products does not exceed the maximum limit.

References

1. Asilova G.M., Dzhumabekova G.Sh., Zharylkasynova Zh.A. Study of the quality indicators of beef meat products using vegetable composition // Scientific journal. Bulletin of Shakarim State University of Semey. – 2015. – No. 4 (72). – P. 3-7.
2. Serikkyzy M.S., Dzhumabekova G.Sh., Environmental safety of meat and meat products // Internauka. – 2018. – No. 10. – P. 36-38.
3. Serikkyzy M.S., Dzhumabekova G.Sh., Yerkigitov E.S., Chendagulova M.K., Mamaeva L.A., Zetbek G.S. Study of the quality of semi-smoked sausage products of enterprises producing meat and meat products with the introduction of the HACCP system // Journal of ATU Bulletin. – 2019. – No. 1. – P.16-20.
4. Dzhumabekova G.Sh., Serikkyzy M.S., Sailau A.M., Mamyrai Zh. International standards for the quality and safety of food products for Kazakhstani producers // Materials of the VII scientific and practical conference: Innovative management and technologies in the era of globalization. – London, UK, 2020. – P. 285-287.
5. Ma Z.F., Zhang H., Teh S.S., Wang C.W., Zhang Y., Hayford F., Zhu Y. Goji Berries as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Their Molecular Mechanisms of Action // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2019. – P. 1-9.
6. Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Moroz O. Research of nutritional and biological value of semismoked meat-containing sausage // Food science and technology. – 2019. – No. 13 (4). – P. 96-103.

7. Galina G. et al. Biological value of semi-smoked sausages with cedar oil cake // Foods and Raw materials. – 2020. – Vol. 8. – No. 1. – P. 30-39.
8. Savinok O. et al. Sensory and functional parameters of sausages with reduced sodium nitrite content // Scientific Works of University of Food Technologies. – 2017. – Vol. 64. – No. 1. – P. 32-40.
9. Vidović B.B. et al. Health benefits and applications of goji berries in functional food products development: A review // Antioxidants. – 2022. – Vol. 11. – No. 2. – P. 248.
10. Ravichanthiran K. et al. Phytochemical profile of brown rice and its nutrigenomic implications // Antioxidants. – 2018. – Vol. 7. – No. 6. – P. 71.

Received: 30 September 2024
Accepted: 6 March 2025

Г.Ш. Джумабекова[1], М.С. Сериккызы[1],
А.Н. Серикбаева[1], Л.К. Сенгирбекова[1], Ж.К. Токанова[2]

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ЖАРТЫЛАЙ ЫСТАЛҒАН ШҰЖЫҚ ӨНДІРІСІНДЕ ГОДЖИ ЖИДЕКТЕРІ ФУНКЦИОНАЛДЫ ҚОСПА РЕТІНДЕ

Аңдатпа. Шұжық өнімдерінің құрамындағы натрий нитритті азайту және өнімнің функционалдық қасиеттерін арттыруды қамтамасыз ету, сонымен қатар ассортиментін кеңейту мақсатында годжи жидектері қосылған жартылай ысталған шұжықтың рецептісі әзірленді. Годжи жидектері қосылған жартылай ысталған шұжықтың органолептикалық көрсеткіштеріне зерттеу жүргізілді. Жартылай ысталған шұжықтың жаңа түрін дегустациялау үшін сынамалардың бірнеше түрі дайындалды: №1 үлгі: 10 кг шикізатқа 7 г годжи жидектері және 2 г натрий нитриті қосылды. Үлгі №2: 10 кг шикізатқа 5 г годжи жидектері және 3 г натрий нитриті қосылды. Үлгі №3: 10 кг шикізатқа 3 г годжи жидектері және 6 г натрий нитриті қосылды. Органолептикалық бағалау нәтижесінде годжи жидектерді тартылған етке қосқанда, дайын өнім годжи жидектерінің айқын дәміне ие болатыны анықталды. Өндіріс үшін негізгі шикізаттың салмағы бойынша 5 г мөлшерінде годжи жидектерін пайдалану рецептісі ұсынылады. Годжи жидектері қосылған жартылай ысталған шұжықтың өзіндік дәмі бар, осылайша, годжи жидектері бар шұжық өндірісі өнім ассортиментін кеңейтеді. Сондай-ақ улы элементтерді анықтау үшін зерттеу жүргізілді. Дайын өнімде улы элементтер анықталмаған, яғни дайын өнім тұтынуға қауіпсіз болып табылады.

Тірек сөздер: байытылған және функционалды тағамдар, жартылай ысталған шұжықтар, годжи жидектері, сапа, тағам қауіпсіздігі.

Г.Ш. Джумабекова[1], М.С. Сериккызы[1], А.Н. Серикбаева[1], Л.К. Сенгирбекова[1], Ж.К. Токанова[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ЯГОДЫ ГОДЖИ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДОБАВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУКОПЧЕНЫХ КОЛБАС

Аннотация. С целью снижения в составе колбасных изделий нитрита натрия и обеспечения повышения функциональных свойств продукта, а также расширения ассортимента разработана рецептура полукопченой колбасы с добавлением ягод годжи. Проведено исследование органолептических показателей полукопченой колбасы с добавлением ягод годжи. Для дегустации нового вида полукопченой колбасы приготовили несколько видов образцов: Образец №1 на 10 кг сырья было добавлено ягод годжи 7 г и нитрита натрия – 2 г. Образец №2 на 10 кг сырья было добавлено ягод годжи 5 г и нитрита натрия – 3 г. Образец №3 на 10 кг сырья было добавлено ягод годжи 3 г и нитрита натрия – 6 г. В результате органолептической оценки было установлено, что при добавлении ягод годжи в мясной фарш продукт приобретает ярко выраженный вкус ягоды годжи. Для производства рекомендуется рецептура с использованием ягоды годжи в количестве 5 г от массы основного сырья. Полукопченая колбаса с ягодами годжи обладает оригинальным вкусом, таким образом, производство колбасы с ягодами годжи расширяет ассортимент выпускаемой продукции. А также проведено исследование по опредлению токсичных элеменов. В готовом продукте не выявлены токсичные элементы, то есть готовый продукт является безопасным к употреблению.

Ключевые слова: обогащенные и функциональные пищевые продукты, полукопченая колбаса, ягоды годжи, качество, пищевая безопасность.

ҒТАМР 65.33.35

Б.Е. Солтыбаева[1] – *негізгі автор,*
И.Б. Шамбетова[2]

[1]*PhD қауымдас. профессор м.а.,* [2]*Магистр*
ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-3260-4429* [2]*https://orcid.org/0009-0009-6970-5424*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
@ [1]*soltibaeva@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/YVZS4266

БҮТІН ДӘНДІ БИДАЙ ҰНЫН ПАЙДАЛАНЫП КРЕКЕР ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада дәстүрлі емес шикізатты ұнды кондитерлік өнімдер жасауға қолдану мүмкіндігі қарастырылды. Сонымен қатар, зерттеу аясында өнім түрлерін арттыру және тағамдық құндылығы жоғары өнім өндіру мәселелері зерттелді. Бүтін дәнді бидай ұны дәстүрлі емес шикізат ретінде қарастырылып, оның тағамдық және биологиялық құндылығын жоғарылату мақсатында қолдану негізделді. Бидай ұнының теңгерімсіз құрамына байланысты, басқа шикізат түрлерін пайдалану қажеттілігі туындап отыр. Осыған орай, дәстүрлі емес шикізат негізінде крекер дайындау технологиясы әзірленді. Фермент қосу арқылы қамырдың ашу уақытын оңтайландыру әдістері қарастырылып, дайын өнімнің сақталу барысында сапалық қасиеттерін бақылауға баса назар аударылды. Бұл бағытта тиімді технологиялар мен жаңа рецептураларды құру басты міндет ретінде белгіленді. Алда тұрған бірнеше міндеттерді функционалды бағыттағы шикізаттарды енгізе отырып, тиімді технологиялар мен рецептура жасау арқылы орындауға болады.

Тірек сөздер: ұнды кондитер өнімдер, бүтін дәнді бидай ұны, фермент, дәстүрлі емес шикізат, крекер.

Солтыбаева, Б.Е. Бүтін дәнді бидай ұнын пайдаланып крекер технологиясын жасау [Мәтін] / Б.Е. Солтыбаева, И.Б. Шамбетова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.33-40. https://doi.org/10.55956/YVZS4266

Кіріспе. Кондитерлік өндірістің қазіргі даму кезеңінде өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру, шикізат шығынын азайту сияқты міндеттер өзекті болып табылады. Бұл мәселелерді шешу үшін шикізаттың технологиялық сипаттамаларын жетілдіру және дайын өнімнің сапасын қамтамасыз ететін процестерді жақсарту қажет. Сонымен қатар, қамыр илеу жабдықтарынан бастап пісіру пештеріне дейінгі жабдықтардың тиімді жұмысын ұйымдастыру маңызды.

Кондитерлік кәсіпорындар арасындағы бәсекелестік және нарық талаптарының артуы өндірушілерді өнім сапасын арттыруға мәжбүрлейді. Сапаны жақсарту үшін өнімнің сыртқы келбетін, органолептикалық сипаттамаларын және сақтау мерзімін ұлғайту міндеттері шешілуі қажет. Мұндай міндеттерді дәстүрлі емес шикізат түрлерін қолдану арқылы жүзеге асыруға болады [1].

Кондитерлік өнімдердің ішінде крекерлердің нарықтағы үлесі шамамен 20%-ды құрайды. Қазіргі технологиялар арқылы ірімшік, розмарин, қуырылған пияз, прованс шөптері, түрлі дәмдеуіштер және өсімдік тұқымдары қосылған крекерлер өндірісі жүзеге асырылуда. Крекерлердің сапасы көбінесе олардың сыртқы түріне, дәмдік үйлесімділігіне және құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты анықталады. Сонымен бірге, калориялық деңгейін төмендету де негізгі талаптардың бірі болып табылады.

Өнімнің сапасы оны жасау үшін қолданылған шикізаттарға тікелей байланысты. Көнтеген өндіріс орындары өнім құнын төмендету мақсатында сапасыз әрі арзан шикізатты пайдаланады. Кейбір ұнды кондитер өнімдерге каллориясын азайту үшін алмастырғыштар қосуды қажет етеді. Өнім сапасын бағалауда екі талапты ескеру қажет: тұтынушылық қасиеттер мен гигиеналық талаптар. МЕМСТ талаптарына сай келген өнім ғана тұтынушыға ұсынылады.

Қазіргі таңда витаминдік қоспалары бар крекерлер кеңінен қолданысқа ие, бірақ дәстүрлі емес шикізатты іздеу әлі де өзекті болып қала бермек. Оның көмегімен өнімнің құрамындағы макро және микроэлементтердің, адам денсаулығында маңызды рөл атқаратын дәрумендердің маңыздылығын арттыруға болады [2,3].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Кондитер өнімін дайындау бірнеше технологиялық кезеңдерден өтеді және оның ең күрделісі қамыр дайындау процессі. Қамыр илеу алдында жүргізілетін бірінші процес – опара жасау әдісі. Қамыр ашыту ұзақтығы бірнеше факторларға, яғни онда пайда болатын тіршілік әрекетіне байланысты болады. Қамырды қайта илеу кезінде көмірқышқыл газы қайта жиналуының нәтижесінде глютенді ақуыздардың қысылуынан қамырда жаңа құрылым пайда болады. Опара негізінде жасалған өнімнің сапасы опарасыз жасалған өніммен салыстырғанда жоғары, бұл оның ашу уақытының ұзақтығы мен дәмдік қасиеттерінің сақталуынан болады.

Опараның жетілу қарқындылығын жоғарылату үшін бірнеше технологиялық тәсілдер, оның ішінде ұнның ақуыздық заттарына химиялық, биохимиялық ықпалы, ашытқы мөлшерін арттыру, амилолитикалық фермент пен бүтін дәнді бидай ұнын қолдану ұсынылған.

Зерттеу объектілеріне – бүтін дәнді бидай ұн мен жоғары сұрыпты бидай ұны, сары май, ас тұзы, престелген ашытқы, «РусЭнзим Печенье Классик» ферменті қолданылды.

Зерттеу әдістері: ТР ТС 021/2011 «Азық-түлік қауіпсіздігі туралы» кеден одағының техникалық регламентіне сай орындалды.

Енгізілген композициялық қоспаның жартылай фабрикаттар мен дайын өнімдердегі процесстерге әсер ету дәрежесін мемлекеттік стандарттар арқылы анықталады.

ҚР СТ 26574-85 – Бидай ұны. Жалпы техникалық шарттар.

МЕМСТ 27558-87 Ұнның органолептикалық сапа көрсеткіштері түрі, түсі, дәмі бойынша анықтау.

МЕМСТ 13830-97 ас тұзы. Жалпы техникалық шарттар.

МЕМСТ 9404-88 СЭШ-3М кептіру шкафында ұнның ылғалдылығы анықтау;

Шайқау арқылы қышқылдығын МЕМСТ 27493-87 және Глютаматик 2200 құрылғысында МЕМСТ 27839-2013 талабына сай шикі желімтектіктің сапасын анықтау.

МЕМСТ 27493-87 Ұн және кебек. Бұлғау арқылы қышқылдықты анықтау әдісі.

МЕМСТ 5904-82 Ұнды кондитер өнімдерін қабылдау, сынама алу.

МЕМСТ 5897-90 ұнды кондитер өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштерін анықтау;

МЕМСТ 5898-87 сілтілікті анықтау әдістері мен су сіңіргіштік қасиетін МЕМСТ 10114-80 анықтау;

МЕМСТ 5900-73 ұнды кондитер өнімдерінің ылғалдылығын анықтау.

МЕМСТ 5670-96 Нан-тоқаш өнімдері. Қышқылдықты анықтау әдісі

МЕМСТ 14033-2015 Крекер. Жалпы техникалық шарттар.

МЕМСТ 28499-2014 шәрбат. Жалпы техникалық шарттар.

Зерттеу процесінде «Столовая» атты крекер рецептурасына сәйкес жоғары сапалы бидай ұнынан бақылау үлгісі дайындап алынды. Мұнда крекер өнімін опара әдіспен дайындаудың негізгі кемшілігі – қамырдың ашу уақытының ұзақтығы, нақты 8-18 сағат. Мұны дәрумендер мен минералды заттардың, көмірсулар мен азотты қосылыстардың жеткіліксіз болуымен байланыстыруға болады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Опара мен қамыр дайындау уақытын қысқартып, дайын өнімдердің сапа көрсеткіштерін арттыру мақсатында «РусЭнзим Печенье Классик» маркалы ферменті қолданылды. Аталған фермент опарадағы қышқыл түзу процесін қарқынды етеді. Сондай-ақ, ол опара мен қамырдың көтерілуіне, газ түзу қабілетінің артуына және өнімнің сапалық көрсеткіштерінің жақсаруына оң әсерін тигізеді.

Ғылыми зерттеу жұмысына бидай ұнымен алмастырылатын бүтін дәнді бидай ұнының келесі мөлшері 10, 20, 30, 40% бидай ұнының массасына қосылып, опара ашуының қарқындылығына әсері зерттелді.

Бақылау опарасы 30-32°С температурада жетілу ұзақтығы 8-18 сағат аралығында жүргізілді. Опараның қышқылдығы 7-9 град. Шикізаттың қасиеттері қышқылдық деңгейі мен газ түзу қабілеті арқылы бағаланды.

Фермент мөлшері нұсқаулық бойынша өлшеніп, опараға қосылды. Оған әр түрлі пайызда бүтін дәнді бидай ұны қосып, араластырылып қоспа дайындалды. Қоспаға су қосып, опара дайындалды.

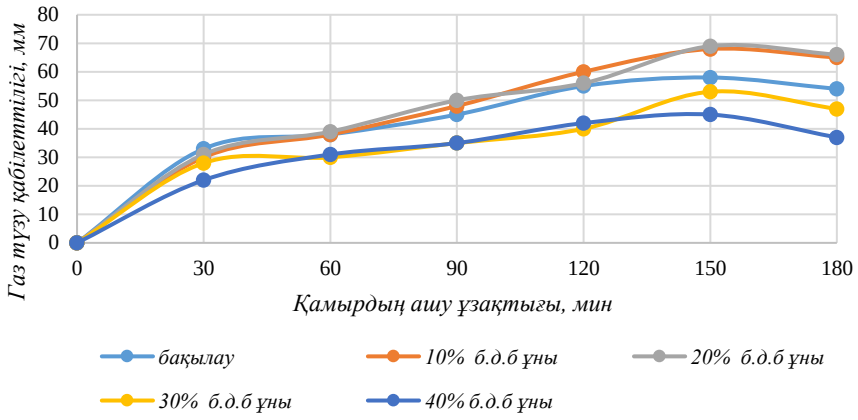
Бақылау үлгісінде газтүзу қабілетінің жылдамдығы 8 сағат ашудан кейін жетсе, ал фермент және бүтін дәнді бидай ұн мөлшерінің қоспадағы мөлшеріне қарай – 10% қоспада 7-8 сағатта, 20% қоспада 5,5-6 сағат ішінде, 30% қоспада 4,5-5 сағат ішінде, 40% қоспада 4-4,5 сағатта қажетті мөлшеріне жетті. Бұл көрсеткіштер бүтін дәнді бидай ұны мен фермент құрамындағы қалпына келтіруші қанттар, ферменттер, антиоксиданттар тағы да басқа қосылыстарға байланысты болады.

Алынған мәліметтерде (1-сурет) бүтін дәнді бидай ұны мен ферменті қосылған үлгілерінің газ ұстау және газтүзу қабілеті қарқынды жүрді. Ал, бақылау үлгісінде ашытқылар ашу қабілетін әлсіз, бұл ашытқы клеткаларының жаңа тіршілік жағдайларына ұзақ бейімделуіне байланысты.

Газтүзу және газұстау үрдісі Реоферментометр F3 құрылғысында анықталды. Газ түзу қабілеті крекер өнімінің көлеміне, пішіннің ұлғаюына, органолептикалық сапа көрсеткіштеріне едәуір әсер етеді. Қамырдың газ түзу қабілетіне белгілі бір уақыт аралығында бөлініп шыққан көміртек диоксидінің миллиметрлік мөлшеріне байланысты сипатталады.

Өнімдерді органолептикалық бағалау келесі көрсеткіштер: пішіні, түсі, сыртқы түрі, дәмі, иісі, құрылымы және консистенциясы бойынша жүргізілді. Органолептикалық көрсеткіштерді талдау бүтін дәнді бидай ұнының 20%-ға дейін қолдану негізінен крекердің құрылымы мен консистенциясын

жақсартатынын көрсетеді. Бүтін дәнді бидай ұнының одан жоғары дозасы органолептикалық көрсеткіштерді нашарлатады. Үлгілерді органолептикалық бағалау жоғары сұрыпты бидай ұнын бүтін дәнді бидай ұнымен жартылай алмастыру сапаның органолептикалық көрсеткішін төмендетпей, керісінше, дайын өнімнің барлық көрсеткіштеріне, әсіресе кеуектілікке, иіс пен дәмге жағымды әсер еткенін көрсетті.



Сурет 1. Бүтін дәнді бидай ұн қоспасы мен ферменті бар қамырдың газ түзу қабілетіне әсері

Зерттеу барысында бүтін дәнді бидай ұнының қосылатын пайыздық мөлшерінің артуымен дайын өнімдердің ылғалдылық үлесі төмендейтіндігі анықталды. Зерттеудің барлық үлгілерінде сілтілік көрсеткіші бақылау үлгісінен айтарлықтай айырмашылығы болған жоқ және айырмашылық тәжірибе қателігінің рұқсат етілетін шегінде ғана болды.

Крекердің су сіңіргіштігі бүтін дәнді бидай ұны қоспасының артуымен жоғарылай түсті. Алынған нәтижелерді есепке ала отырып, органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштер кешенінен жағымды иісі мен дәмі, тартымды сыртқы түрі мен жақсы сапа көрсеткіштерге ие болған 20% бүтін дәнді бидай ұн сынама түрі болды. Бірақ, таңдалған үлгіде, бақылау үлгісімен салыстырғанда өнім бетінде аздап жарықтар мен кішігірім қатпарланулар байқалды. Бұл үрдіс қамырдың нашар созылымдылығына және қамырдағы желімтек ақуыздарының аз болуына байланысты болуы мүмкін.

Бүтін дәнді бидай ұнының 20% қосылған крекер дәмі мен иісі жақсы піскен крекерге тән, бөтен иіс пен бөтен дәмсіз, өз пішінін сақтаған, түсі сары, беті аздап жарылған, арасы қатпарлы, тегіс кеуекті, ісінусіз, иленбеу іздерінсіз бақылау үлгісінен қалыспайтын, үгілмелі өнімдер алынды.

Дайын өнімге дегустациялық бағалау нәтижесі бойынша өнімдердің органолептикалық сапа көрсеткіштері бойынша 20% бүтін дәнді бидай ұн қоспасы бар өнім озық үлгі ретінде белгіленді. 20% бүтін дәнді бидай ұны қосылған крекер өнімдерінің физика-химиялық сапа көрсеткіштері (1-кесте) төменде келтірілген.

Кесте 1

20% бүтін дәнді бидай ұны қосылған крекер өнімдерінің физика-химиялық сапа көрсеткіштері

Физико-химиялық сапа көрсеткіштері	НҚ бойынша сынақ әдістерінің аталуы	Көрсеткіштер мәндері	
		НҚ бойынша үлгі	Нақты алынған нәтижелер
Ылғалдылығы, % артық емес	МЕМСТ 5900-2014	7,0	2,6
Құрғақ затқа есептегенде қанттың массалық үлесі, % артық емес	МЕМСТ 5903-89	10,0	1,2
Құрғақ затқа есептегенде майдың массалық үлесі, % артық емес	МЕМСТ 31902-2012	10,0	10,1
pH	МЕМСТ 5898-87	7,0+/-1,4	5,2
10% тұз қышқылының ерітіндісінде ерітілмеген күлдің массалық үлесі, % артық емес	МЕМСТ 5901-2014	0,1	0,01
Күкірт қышқылының жалпы массалық үлесі, % артық емес	МЕМСТ 26811-2014	0,01	0
Су сіңіргіштігі, % артық емес	МЕМСТ 10114-80	140,0	145,0

Бүтін дәнді бидай ұнының 20%-ын қосқанда крекердің сапасы жақсарып, өз пішінін сақтайтын, түсі қоңыр-сары, дәмі мен хош иісі тәбет ашатын, бақылау үлгісінен қалыспайтын, үгілмелі өнім алынды. Өнім қауіпсіздігі оның сақтау мерзімі мен шарттары және микробиологиялық сапасымен анықталады. Кез келген өндіруші қаптамада радионуклидтерге, улы компоненттерге, пестицидтерге және микробиологиялық тексеру нәтижелері жайлы ақпарат көрсетуі шарт. Зерттеу барысында бүтін дәнді бидай ұнының пайыздық мөлшері артқан сайын дайын өнімдегі ылғалдың массалық үлесі артатындығы анықталды. Алынған нәтижелер (2-кесте) төменде келтірілген.

Кесте 2

20% бүтін дәнді бидай ұн қоспасы бар крекердің микробиологиялық сапа көрсеткіштері

Микробиологиялық сапа көрсеткіштер	НҚ бойынша сынақ әдістерінің аталуы	Көрсеткіштер мәндері	
		НҚ бойынша	Нақты алынған нәтижелер
1	2	3	4
КМАФФнМ, КОЕ/г артық емес	МЕМСТ 10444.15-94	$1*10^3$	табылмады
БГКП (колиформалар) 0,01 г/см^3 өнімде	МЕМСТ 31747-12	1,0	табылмады
ашытқылар, КОЕ/см^3 (г), артық емес	МЕМСТ 10444.12-2013	50	табылмады
зеңдер, КОЕ/см^3 (г), артық емес	МЕМСТ10444.12-2013	100	табылмады
Токсинді элем.р, мг/кг көп емес Қорғасын	МЕМСТ 30178-96	0,5	табылмады
Мырыш	МЕМСТ 31266-2004	0,3	табылмады
Кадмий	МЕМСТ 30178-96	0,1	табылмады

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Сынап	МЕМСТ33412-2015	0,02	табылмады
Микотоксиндер, мг/кг көп емес			
Афлатоксин B_1	МЕМСТ 30711-2001	0,005	табылмады
Дезоксиниваленол	СТ РК 1988-2010	0,7	табылмады
Пестицид қалдықтары, мг/кг, артық емес			
ГХЦК (α, β, γ - изомерлері)	СТ РК 2011-2010	0,2	табылмады
ДДТ және оның метоболиттері	СТ РК 2011-2010	0,02	табылмады

2 кестедегі 20% бүтін дәнді бидай ұн қспасы бар крекер өнімдерінің тағамдық қауіпсіздігі бойынша микробиологиялық талдау нәтижелерінің қорытындысы бойынша бұл өнімнің қауіпсіздігі және НҚ берілген нормаларға сай келетіндігі анықталды. Өнімде токсинді элементтер, микотоксиндер мен пестицид қалдықтары кездескен жоқ. Алынған зерттеу нәтижелері аса қауіпті ауыр улы металдар крекер үлгілерінде рұқсат етілетін шамадан аспайтынын көрсетті. Сондықтан, негізгі қауіпсіздік стандарты бойынша, бүтін дәнді бидай ұны қосылған жаңа өнім түрі белгіленген талаптарға толығымен сай.

Дайын крекер өнімдерінің ішінен 20% бүтін дәнді бидай ұн қоспасы бар үлгісі таңдалып алынды және кешенді сапа көрсеткіштері зерттелді. Дайын өнімнің органолептикалық сапа көрсеткіштері анықталды. Крекер дәмі мен иісі жақсы піскен крекерге тән, бөтен иіс пен бөтен дәмсіз, өз пішінін сақтаған, түсі сары, беті аздап жарылған, арасы қатпарлы, тегіс кеуекті, ісінусіз, бақылау үлгісінен қалыспайтын, үгілмелі өнім алынды.

Барлық үлгілердің арасынан бүтін дәнді бидай ұны қосылып дайындалған өнімдердің органолептикалық сапа көрсеткіштері бойынша 20% бүтін дәнді бидай ұн қоспасы бар крекер өнімі озық үлгі ретінде белгіленді. Нәижелер (3-кесте) төменде келтірлген.

Кесте 3

20% бүтін дәнді бидай ұны қосылған крекер өнімдерінің органолептикалық сапа көрсеткіштері

Органолептикалық сапа көрсеткіштері	НҚ бойынша сынақ әдістерінің атаулуы	НҚ бойынша үлгі
Пішіні	МЕМСТ 14033-2015	Өнім пішіні әр түрлі, бұрыштар мен жиектерге зақыл келтірілмеген
Беті	МЕМСТ 14033-2015	Тесілген тесіктердің болуы, ісінудің болуына жол беріледі
Дәмі мен иісі	МЕМСТ5897-90	Крекер рецептурасындағы компоненттердің пісіру кезіндегі дәм мен иіске тән, бөтен дәм мен иіссіз
Сындырғандағы түрі	МЕМСТ5897-90	Рецепт құрамына сай тесікшелері бар нәзік қатпарлы
Түсі	МЕМСТ5897-90	Ақшыл-сарғыш, күйіп кетпеген, өңі біркелкі
Қалыңдығы, мм көп емес	МЕМСТ 14033-2015	0,9

20% бүтін дәнді бидай ұн қоспасы бар крекер өнімдерінің органолептикалық сапа көрсеткіштері бойынша өнімдердің сыртқы пішіні,

беткі түрі, иісі мен дәмі, сындырығандағы көрінісі, түсі және қалыңдығы бағаланды. Дайын өнімнің сапа көрсеткіштері МЕМСТ 14033-2015 стандарттық талаптарға сай келеді.

Өнімнің биологиялық құндылығы биологиялық белсенді заттар мөлшері мен аминқышқылдар, дәрумендер, полиқанықпаған май қышқылдар мөлшерімен (4-кесте) анықталды.

Кесте 4

Дайын крекер өнімінің химиялық құрамы мен энергетикалық құндылығы

Көрсеткіштер, 100 г өнімге қосылған шикізат	Ж.с бидай ұны	Б.д.б. ұны	Маргарин	Ашытқы	Сірне	Тұз	Химиялық құрамы
20% бүтін дәнді бидай ұны	76,56	19,14	14	1,6	2,1	0,8	
Ақуыз	7,89	2,5	0,03	0,2	-	0	10,62
Май	0,8	0,48	11,22	0,04	-	0	12,54
Көмірсу	52,8	13,8	0,11	0,14	1,64	0	68,49
Энергетикалық құрамы	ЭҚ =10,62×4+12,54×9+68,49×4,1=42,48+112,86+280,81=436,15						

Зерттеу нәтижелері бүтін дәнді бидай ұнының опара қамырының газ түзу, газ ұстау және қышқыл түзу үрдістерін қарқындататыны байқалды. Дәстүрлі емес шикізаттан жасалған крекер өнімдерінің тағамдық құндылығы жоғарылап, диеталық және профилактикалық бағыттағы ассортиметін жасау теориялық және тәжірибелік тұрғыда ғылыми негізделді.

Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде бүтін дәнді бидай ұны қосылған крекерді сақтау барысында оның ылғалдылығы артып, су сіңіргіштігі төмендейтіні анықталды.

Бүтін дәнді бидай ұнын 20% қосқанда крекердің сапасы жақсарып, өз пішінін сақтайтын, түсі қоңыр-сары, дәмі мен хош иісі тәбет ашатын, бақылау үлгісінен қалыспайтын, үгілмелі өнім алынды. Зерттеу барысында бүтін дәнді бидай ұнының пайыздық мөлшері артқан сайын дайын өнімдегі ылғалдың массалық үлесі артатындығы анықталды.

Зерттеу нәтижелері бүтін дәнді бидай ұны мен фермент қоспасы бар опара қамырының газ түзілу және қышқыл түзілу үрдістерінің қарқындылығын, дайын өнімнің органолептикалық көрсеткішіне жағымды әсер ететіндігі байқалды. Зерттеу соңында алынған крекер өнімдерінің тағамдық құндылығы жоғары, диеталық және профилактикалық бағыттағы ассортиметін жасау теориялық және тәжірибелік тұрғыда ғылыми негізделді.

Әдебиеттер тізімі

1. Темникова, О.Е. Нетраддиционное сырье в технологии мучных кондитерских изделий [Текст] / О.Е. Темникова // Молодой учёный. – 2021. – № 23 (365). – С. 44.
2. ГОСТ 14033-2015. Крекер, Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.2017. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
3. Рензяева, Т.В Экспертиза мучных кондитерских изделий. Качество и безопасность [Текст] / Т.В. Рензяева, И.Ю. Резниченко, Т.В. Савенкова, В.М. Позняковский. – Инфра-М, 2021. – 268 с.

Материал редакцияға 04.11.24 түсті, 24.03.25 қабылданды.

Б.Е. Солтыбаева[1], И.Б. Шамбетова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕКЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕЛЬНОЗЕРНОВОЙ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Аннотация. Статья посвящена вопросу применения нетрадиционных продуктов в кондитерском производстве муки, расширению ассортимента продукции. Рассмотрены причины, приводящие к необходимости создания кондитерских изделий с высокой пищевой и биологической ценностью и качеством с использованием цельнозерновой пшеничной муки в качестве нетрадиционного продукта. В последние годы из-за неуравновешенности ряда полезных веществ в составе пшеничной муки возникает необходимость искать другие источники сырья. В исследовательской работе разработаны рецептуры мучных кондитерских изделий, крекеров на основе нетрадиционного сырья, рассмотрены пути оптимизации длительности вскрытия опары и теста путем введения фермента, достижения продуктов, в процессе хранения которых качественные свойства готовой продукции не сильно отличаются от контрольных. Несколько задач, стоящих перед нами, могут быть выполнены путем разработки эффективных технологий и рецептур с внедрением функционально ориентированного сырья.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, цельнозерновая пшеничная мука, фермент, нетрадиционное сырье, крекер.

B.E. Soltybayeva[1], I.B. Shambetova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF CRACKER TECHNOLOGY USING WHOLE WHEAT FLOUR

Abstract. This article is dedicated to the issue of using unconventional products in confectionery production, with the goal of expanding the product range. The reasons that lead to the necessity of creating confectionery products with high nutritional and biological value and quality, using whole wheat flour as an unconventional ingredient, are discussed. In recent years, due to the imbalance of certain beneficial substances in wheat flour, there has been a need to find alternative raw material sources. The research work developed recipes for flour-based confectionery products, such as crackers, using unconventional raw materials. It also examines methods to optimize the fermentation and dough development time by introducing enzymes, and achieving products whose quality characteristics do not significantly differ from the control during storage. Several tasks we face can be addressed by developing effective technologies and recipes that incorporate functionally oriented raw materials.

Keywords: flour confectionery products, whole wheat flour, enzyme, unconventional raw materials, cracker.

References

1. Temnikova, O.Ye. Netradditsionnoye syr'ye v tekhnologii muchnykh konditerskikh izdeliy [Non-traditional raw materials in the technology of flour confectionery products] // Molodoy uchonyy. – 2021. – No. 23 (365). – P. 44. [in Russian].
2. GOST 14033-2015. Kreker, Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Cracker, General specifications]. – Introduced. 01.01.2017. – Moscow: Standartinform, 2019. – 6 p. [in Russian].
3. Renzyayeva, T.V., Reznichenko, I.YU., Savenkova, T.V., Poznyakovskiy, V.M. Ekspertiza muchnykh konditerskikh izdeliy. Kachestvo i bezopasnost' [Expertise of flour confectionery products. Quality and safety]. – Infra-M, 2021. – 268 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.29.29

С.Б. Ермекбаев[1] – *негізгі автор,*
С. Әлтайұлы[2]

[1]*Техн. ғылым. канд., доцент,* [2]*Техн. ғылым. д-ры, профессор*
[1]*https://orcid.org/0009-0004-8842-5616* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4946-6824*
[1,2]*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу унивеситеті, Астана қ., Қазақстан*
[1]*seitkamal_ermekbaev@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/VVUN4655

БИДАЙДЫҢ ӨНГЕН ДӘНДЕРІН ЫСТЫҚ АУАМЕН ЖӘНЕ АСҚЫН ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТЕГІ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕ ӨҢДЕУДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Астықты жинау кезінде астық партияларының құрамында ақаулы дәндер кездеседі, оларға өнген, суық шалған, үсіген, піспеген, зиянкестермен бүлінген, түссізденген және тағы басқа дәндер кіреді. Мұндай ақаулы дәндердің технологиялық қасиеттері қалыпты дәндерге қарағанда төмен болып, оларды жарамды ету үшін қосымша өңдеу қажет болады. Солтүстік Қазақстанда жиналған астықтың 60%-дан астамы жоғары ылғалдылықта болады, ал бұл жоғары ылғалдылық дәннің өніп кетуіне алып келеді. Астық қабылдау пункттеріне түсетін бидайдың 50%-ға жуығында өнген дән кездеседі. Бұл астық партияларындағы бидайдың технологиялық қасиеттері оның құрамындағы өнген дәннің өну дәрежесіне тікелей байланысты болып, оның наубайханалық қасиеттерін төмендетеді. Мұндай бидай дәнінің, одан алынған ұнның және пісірілген нанның наубайханалық қасиетін арттырудың негізгі әдісі – амилолитикалық және протеолитикалық ферменттердің белсенділігін бәсеңдету. Бұл мақсатқа жету үшін мұндай астық партияларын жылумен өңдеу қажет. Жылумен өңдеудің келесі екі әдісі зерттелді: ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу. Екі әдістің зерттеу нәтижелерін талдап, салыстыра келе екінші әдістің, яғни, асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеудің артықшылықтары мен ерекшеліктері анықталды. Осы әдіспен құрамында өнген дәндері бар астық партияларын өңдеу режимдері анықталды. Аталған әдіспен өңдеу нәтижесінде бұл астық партияларын қыздыру төмен температурада жүргізіліп, ферменттедің белсенділігі төмендегенін және сағыздың сапасының жақсарғаны анықталды, демек, бұл әдіс құрамында өнген дәндері бар астықтың технологиялық қасиеттерінің арттыруға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: ақаулы дәндер, өнген дән, ыстық ауамен өңдеу, асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу.

Ермекбаев, С.Б. Бидайдың өнген дәндерін ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеуді салыстырмалы бағалау [Мәтін] / С.Б. Ермекбаев, С. Әлтайұлы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.41-48. https://doi.org/10.55956/VVUN4655

Кіріспе. Солтүстік Қазақстанда өндірілген бидайдың барлық сорттары генетикалық тұрғыдан олардың жоғары наубайханалық қасиеттерін қамтамасыз етеді, бірақ барлық бидай өндіру аймақтарындағыдай бидайдың

сапасын төмендететін жаңбыр, құрғақшылық, үсік және тағы басқа да факторлар кездеседі. Осындай факторлардың әсерінен дән ақаулы, яғни, толық бағалы емес күйге түсуі мүмкін. Мұндай ақаулы дәндерге өнген, суық шалған, үсіген, піспеген, зиянкестермен бүлінген, түссізденген және тағы басқа дәндер кіреді. Аталған ақаулар бидайдың технологиялық қасиеттеріне теріс әсер етеді.

Қазақстанның Солтүстік аймақтарында көбінесе бидай жоғары ылғалдылықта жиналады. Астық қабылдау пункттеріне түсетін астықтың 60%-дан астамы дымқыл және ылғал күйінде келеді. Дәннің құрамындағы жоғары ылғал оның өніп кетуіне алып келеді.

Астық қабылдау пункттеріне түсетін астықтың құрамында 50%-ға дейін өнген дән кездеседі [1].

Өнген дәннің өну дәрежесі мен бидайдың технологиялық қасиеттерінің төмендеуі арасында тікелей байланыс анықталған. Дәннің құрамындағы негізгі қор болып саналатын заттар (сағыздық ақуыздар, көмірсулар, липидтер) биохимиялық ыдырауға ұшырайды [2].

Мұндай бидай дәнінің, одан алынған ұнның және пісірілген нанның наубайханалық қасиетін арттырудың негізгі әдісі – амилолитикалық (негізінен α-амилазаны) және протеолитикалық ферменттердің белсенділігін бәсеңдету [3].

Бидайдың өнген дәнінің α-амилазасының белсенділігін бәсеңдету кептіру арқылы жүргізілген кезде (астық массасының қызу температурасы 80-90 ˚С дейін жетеді) сағыздық ақуыздардың бұзылуымен жүруі мүмкін [4].

Сондықтан өнген дәнді төмен температурадағы жылумен өңдеу мен оның наубайханалық қасиеттерін жақсартатын процестерді сыйыстыру арқылы жүргізілетін жаңа әдістерді анықтау маңызды және өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу және салыстырмалы баға беру.

Аталған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

– құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын ыстық ауамен өңдеу;

– құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу;

– бидай партияларын өңдеу нәтижелерін салыстыру.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысаны ретінде бидайдың Саратов 29 сорты қолданылды. Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партиялары құрылды, олардың сипаттамалары 1-кестеде келтірілді.

Бірінші партиядағы өнген дәндердің мөлшері 5% болса, екінші партияда – 10%-ға тең болды.

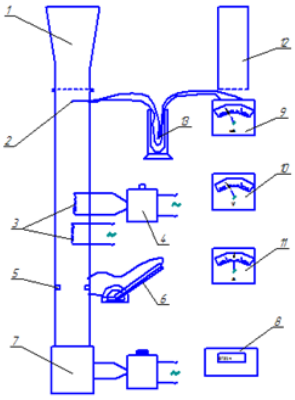
Құрамында 5% өнген дәндері бар бидай партиялары өнген дәндердің әртүрлі өну дәрежесінде дайындалды, яғни дәннің өнуі 24, 48 және 72 сағат мөлшерінде жүргізілді.

Зерттеуді салыстырмалы түрде жүргізу үшін құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын конвективті әдіспен өңдеу үшін 1-суретте көрсетілген зертханалық қондырғы қолданылды.

Кесте 1

Зерттеу нысаны

Өнген дәндері бар астық партиясы	Дән, ұн және нан	
	Сынама №	Сынамалардың атауы
5%	1	Қалыпты дән
	2	Өнген дән
	3	Температурасы Т=40°С-та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	4	-"- Т=50°С
	5	-"- Т=60°С
	6	-"- Т=70°С
	7	-"- Т=80°С
10%	8	Қалыпты дән
	9	Өнген дән
	10	Температурасы Т=40°С-та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	11	-"- Т=50°С
	12	-"- Т=60°С
	13	-"- Т=70°С
	14	-"- Т=80°С
Салыстырмалы баға	15	Қалыпты дән
	16	Өнген дән
	17	Температурасы Т=40°С-та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	18	-"- Т=50°С
	19	-"- Т=60°С
	20	-"- Т=70°С
	21	-"- Т=80°С



1 – конусты кассета; 2 – термопара Х-К; 3 –калорифердің секциясы; 4 – зертханалық трансформатор; 5 – диафрагма; 6 – микроманометр; 7 – желдеткіш; 8 – электронды таразы; 9 – миллиамперметр; 10 – вольтметр; 11 – амперметр; 12 – цилиндрлі кассета; 13 – Дьюар ыдысы.

Сурет 1. Дәнді конвективті жылумен өңдеу қондырғысы

Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын конвективті (ыстық ауамен) өңдеу тәжірибелері келесі тәртіпте орындалды.

Тәжірибелік астық партияларын ыстық ауамен өңдеу тығыз қозғалыссыз және жалған сұйық қабаттарда жүргізілді.

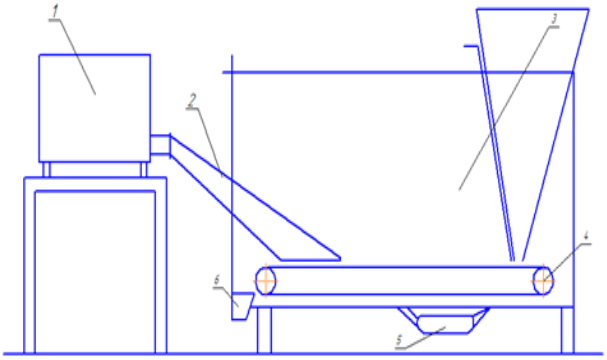
Салыстырмалы зерттеулер кезінде тығыз қозғалыссыз қабатта конвективті әдіспен өңдеу есепке алынбады, өйткені өнген дәндер біркелкі қызбады және процестің жүру жылдамдығы өте төмен болды.

Ылғалдылығы 24% болған дәннің дайындалған үлгілері түбі торлы кассетаға жайластырылды. Жалған сұйық қабатта өңдеу кезіндегі үлгінің массасы 70 г болды. Бос кассета мен дән салынған кассетаның массалары алдын ала зертханалық таразыларда анықталды. Дәнді конвективті жылумен өңдеу зертханалық қондырғысы тұрақты берілген режимге жеткізіліп, дән толтырылған кассета қондырғыға жайластырылды.

Конвективті өңдеудің ағымы кезінде секундомермен бақылай отырып, белгілі бір уақыт аралығында (10 с), өңделген дәні бар кассета қондырғыдан алынып, оның температурасы анықталып, таразыда өлшеніп отырды.

Осы әдіспен дәнді өңдеу кезінде процестің басқарушы параметрлері келесі мәндерге ие болды: дәннің қызу температурасы – 60°С; ыстық ауаның температурасы – 120°С; астық қабатындағы ауаның сүзу жылдамдығы – 1,28 м/с; ауа шығыны – 7,49 м^3/сағ.

Салыстырмалы зерттеулер жүргізу үшін дәнді асқын жиілікте өңдеуге арналған эксперименттік қондырғы қолданылды (2-сурет). Эксперименттік қондырғы конвейер типті болды. Оның құрамына келесілер кірді: асқын жиіліктегі энергияның генераторы *1*, толқынды – саңлаулы сәулелендіргіш *2*, жүктеуші қондырғы *3*, таспалы конвейер *4*, мотор – редуктор *5* және түсіргіш қондырғы *6*. Қондырғының барлық негізгі жұмыс органдары корпустағы асқын жиіліктегі сәуледен қорғаныс экранмен қоршауланған және электормагнитті өрістемагнитсіз металл қорытпадан жасалған.



1 – асқын жоғары жиіліктегі генератор; 2 – толқынды – саңлаулы сәулелендіргіш; 3 – жүктеуші қондырғы; 4 – таспалы конвейер; 5 – мотор – редуктор; 6 – түсіргіш қондырғы.

Сурет 2. Дәнді асқын жоғары жиілікте өңдеу экпериментік қондырғысы

Эксперименттік қондырғы негізін жұмыстық жиілігі 2375 МГц-ке және реттеуші қуаты 0,1-2,5 кВт –қа тең асқын жиіліктегі энергияның көзі «Хазар 2Р» құрады.

Дәннің қызу температурасын толқынды сәулелендіргіштен кейін бірден кешенді түрдегі КСП-4 термоөлшегіш көпірі мен хромель-капельді термопараның көмегімен анықталып отырды. Бұл кешеннің температураны

өлшеу дәлдігі ±1°С. Есептеулерге температураның орта мәндері қабылданды. Кейбір тәжірибелік нүктелердегі температураның ауытқуы оның орта мәндерінен 2-3°С-тан асқан жоқ.

Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын (ылғалдылығы 24%) асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте қыздыру үшін жүктеуші қондырғыға толтырылды. Жүктеуші қондырғыдан (2-сурет) өңделетін астық реттеуші терезе арқылы конвейердің жылжитын таспасына өздік ағынмен түседі.

Дәнді қыздыру сәулелендіргіштің нақ астында жүргізілді. Бұл кезде электромагниттік толқын конвейер жазықтығына белгілі бір бұрышпен бағытталды. Асқын жоғары жиіліктегі генератор қуатының қажетті деңгейі алдын ала қойылымдылық эксперименттерден анықталған мәндерге сай реттелді. Асқын жоғары жиілікте өңдеу кезіндегі дәннің қызу температурасы 60°С-қа тең болды.

Жоғарыдағы тәртіппен өңделген астық үлгілері мен бастапқы үлгі кюветтерге жұқа қабаттармен жайластырылып, үш-бес тәулік аралығында табиғи жағдайда салқындатылды және кептірілді. Кептірілген және салқындатылған үлгілердің келесі көрсеткіштері анықталды: сағыздың мөлшері мен сапасы, құлау саны көрсеткіші бойынша α-амилазаның белсенділігі. Анықталған нәтижелер 2-кестеге енгізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Құрамында әртүрлі өнген дәндері бар бидай партияларын конвективті әдіспен өңдеу нәтижесінде олардың құлау саны тек қана өну дәрежесі 24 сағатқа тең партияларда өзгеріс болды (2-кесте). Ал асқын жоғары жиілікте өңдеу нәтижесінде барлық үлгілерде, өну дәрежесіне қарамай, бұл көрсеткіш жоғарылап, бастапқы мәндеріне жақындады. Бұл құбылыс асқын жоғары жиілікте өңдеудің бірегей қасиеттерімен байланысты деп санауға болады. Аталған өңдеу кезінде өнген бидайдың ұрықтығы мен алейрондық қабаттарында жоғары термодинамикалық әлеуеттер пайда болады, олар белсенді ферменттерді инактивациялауды тиімдірек етеді.

Алдында айтылғандай, ақаулы дәнді жылумен өңдеудің барлық әдістері амилолитикалық және протеолитикалық ферменттерін инактивациялауды астықтың бүкіл масасы бойынша жоғары температурада өңдеу нәтижесінде жүргізіледі.

Кесте 2

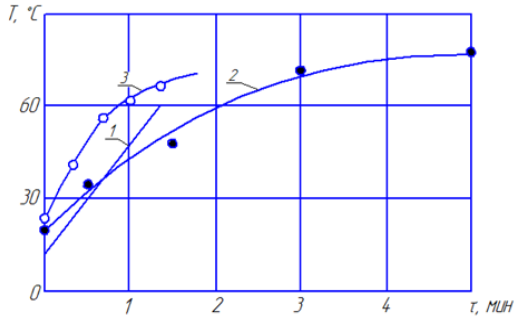
Өнген дәнді әртүрлі әдіспен өңдеудің оның наубайханалық қасиетіне әсері

Дән үлгісі	Сынама №	Дәннің бастапқы көрсеткіштері			Өңдеу әдістері					
					Асқын жоғары жиілікте			Конвективті		
		Сағыз мөлш, %	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с	Сағыз мөлш,%	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с	Сағыз мөлш,%	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бастапқы дән	1	31,0	60	329	-	-	-	-	-	-
Құрамында 5% өнген дән (24 сағ)	2	31,1	72	160	31	62	329	30,4	63	249

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Құрамында 5% өнген дән (48 сағ)	3	31,0	78	136	31,1	65	309	30,9	57	142
Құрамында 5% өнген дән (72 сағ)	4	3,0	83	91	31,2	66	281	30,7	63	89
Құрамында 20% өнген дән (24 сағ)	5	31,0	72	120	31,0	63	301	30,8	67	146

Дәнді конвективті және өте жоғары жиілікте қыздыру кинетикасы 3 суретте келтірілген.



1 – асқын жоғары жиілікте қыздыру; 2 – астықты тығыз қабатта конвективті қыздыру; 3 – астықты фонтан қабатта конвективті қыздыру.

Сурет 3. Дәнді әртүрлі жылукөзімен қыздыру

3-суреттен көрініп тұрғандай, құрамында әртүрлі өнген дәндері бар бидай партияларын әртүрлі жылукөздерімен өңдеу кезінде басқа жылу көздеріне қарағанда дәнді асқын жоғары жиілікте қыздыру төмен температурада жән қысқа мерзімде жүріп өтеді. Демек, өңдеу процесінің төмен температурада және жылдам өтуіне қарамастан өңделген астықтың технологиялық қасиеттері төмендемейді, керісінше, өнген дәннің амилолитикалық және протеолитикалық ферменттерін инактивациялау нәтижесінде бұл партиялардың наубайханалық қасиеттері артады.

2-кестенің мәліметтері дәннің өну дәрежесіне қарай оның сағызының сапасы мен α-амилазаның белсенділігі өзгеретінін көрсетеді. Құрамында 5% өнген дәндері бар бидай партиялары өну дәрежесі 48 сағатқа тең болғанда сағыз сапасы бойынша бірінші топтан екінше топқа көшті. Өну дәрежесі осы мәнде болғанда құлау саны бастапқы 329-дан 136 секундқа дейін төмендеді.

2-кестенің мәліметтеріне қарасақ, бидай партияларын бірнеше жылумен өңдеу әдістермен өңдегенде анықталатын көрсеткіштер әртүрлі деңгейде өзгереді. Бұл кезде сағыздың мөлшері бастапқы деңгейде қалады.

Жылумен өңдеудің екі әдісін қолданғанда да сағыздың сапасы жақсарды, сағыз күшейіп, екінші топтан бірінші топқа ауысты.

Қорытынды. Эксперименттік мәліметтерді талдай және салыстыра отырып, келесі тұжырымға келуге болады. Астық массасының қызу температурасын төмендету және ферменттердің ең белсенді аймақтарында инактивациялау термодинамикалық әлеуеттерін құру үшін дәнді өңдеуді электомагнитті өрісте жүргізу керек. Бұл кезде дәннің қызуы көлемі бойынша біркелкі орналаспаған ылғалдың энергияны сіңіру нәтижесінде пайда

болатын жылудың ішкі көздері есебінен жүреді. Өңдеу келесі параметрлерде жүргізілді: электромагниттік өрістің жиілігі 2375 МГц, реттеуші қуаты 0,1-2,5 кВт, дәннің ылғалдылығы – 24%, дәннің қызу температурасы – 55-60°С.

Сонымен құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу арқылы астықтың технологиялық қасиеттерін жақсартуға болады деп түйін жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ермекбаев, С.Б. Повышение эффективности послеуборочной обработки проросшего зерна пшеницы на хлебоприемных предприятиях Северного Казахстана [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.03 / С.Б. Ермекбаев. – М, 1993. – 27 с.
2. Васильев, А.А. Обоснование режимов послеуборочного обеззараживания зерна с использованием поля СВЧ [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Васильев Алексей Алексеевич. – М, 2018. – 186 с.
3. Будников, Д.А. Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д.А. Будников. – Зерноград, 2008. – 19 с.
4. Васильев, А.Н. Совершенствование процессов сушки и обеззараживания зерна в СВЧ поле [Текст] / А.Н. Васильев, А.Б. Оспанов, Д.А. Будников [и др.]. – Алматы: Нур-Принт, 2017. – 163 с.

Материал редакцияға 15.11.24 түсті, 21.02.25 қабылданды.

С.Б. Ермекбаев[1], С. Алтайулы[1]

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОБРАБОТКИ ПРОРОСШИХ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ И СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Аннотация. При уборке урожая в составе партии зерна встречаются дефектные зерна, к ним относятся проросшие, морозобойные, недозревшие, поврежденные вредителями, обесцвеченные и другие. Технологические свойства таких дефектных зерен всегда будут ниже чем у нормального зерна. Чтобы довести их сосотояние до нормального необходимо их дополнительно обрабатывать. Более 60% убранного урожая в Северном Казахстане имеет высокую влажность, которая приведет к прорастанию зерна. Примерно 50% зерна, поступающего в хлебоприемные пункты, имеют в своем составе проросшие зерна. Технологические свойства пшеницы в этих партиях прямо зависит от степени прорастания проросших зерен и понижает их хлебопекарные свойства. Основной способ повышения хлебопекарных свойств такого зерна, муки и хлеба – это понижение активности амилолитических и протеолитических ферментов. Для достижения такой цели такие партии зерна необходимо обрабатывать теплом. Исследованы следующие два способа тепловой обработки зерна: горячим воздухом и нагрев зерна в электормагнитном поле (ЭМП) сврхвысокой частоты (СВЧ). После анализа и сравнения результатов двух способов обработки выявлено преимущество и особенности второго, т.е. обработки зерна в электормагнитном поле (ЭМП) сврхвысокой частоты (СВЧ). Определены режимы обработки данным способом партии зерна с содержанием проросшего зерна. При применении данного способа определены: нагрев партии зарна происходит при низкой температуре, активности ферментов понижается, качество клейковины улучшается. Значит данный способ

позволяет улучшить теехнологические свойства партии пшеницы с содержанием проросшего зерна.

Ключевые слова: дефектыне зерна, проросшее зерно, обработка горячим воздухом, обработка зерна в электормагнитном поле (ЭМП) сврхвысокой частоты (СВЧ).

S.B. Ermekbayev[1], S. Altayuly[1]

[1]Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

COMPARATIVE EVALUATION OF THE PROCESSING OF GERMINATED WHEAT GRAINS UNDER HOT AIR AND SUPER-HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

Abstract. During harvesting, defective grains are encountered as part of a batch of grain. Defective grains, they include sprouted, frost-bitten, unripe, damaged by pests, discoloured and others. Technological properties of such defective grains will always be lower than those of normal grains. It is necessary to additionally treatment to bring them to a normal condition. More than 60% of the harvested crop in Northern Kazakhstan has high humidity, which will lead to grain germination. Approximately 50% of the grain arriving at grain receiving points contains sprouted grains. The technological properties of wheat in these batches directly depend on the degree of germination of sprouted grains and reduces their baking properties. The main way to improve the baking properties of such grain, flour and bread is to reduce the activity of amylolytic and proteolytic enzymes. To achieve this goal, such batches of grain must be treated with heat. The following two methods of heat treatment of grain have been investigated: hot air and heating of grain in electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF). After analysing and comparing the results of the two processing methods, the advantage and features of the second one were revealed, i.e. processing of grain in an electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF). The modes of processing of a batch of grain with sprouted grain by this method were determined. At application of the given method are determined: heating of zarn batch occurs at low temperature, enzyme activity decreases, gluten quality improves. Therefore, this method allows improving the technological properties of a batch of wheat containing sprouted grain.

Keywords: defective grains, sprouted grain, processing with hot air, processing of grain in an electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF).

References

1. Yermekbayev, S.B. Povysheniye effektivnosti posleuborochnoy obrabotki prorosshego zerna pshenitsy na khlebopriyemnykh predpriyatiyakh Severnogo Kazakhstana [Improving the efficiency of post-harvest processing of sprouted wheat grain at grain receiving enterprises in Northern Kazakhstan]: abstract. diss. ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.03. – M., 1993. – 27 p. [in Russian].
2. Vasil'yev, A.A. Obosnovaniye rezhimov posleuborochnogo obezzarazhivaniya zerna s ispol'zovaniyem polya SVCH [Justification of post-harvest grain disinfection modes using a microwave field]: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.20.02. – M., 2018. – 186 p. [in Russian].
3. Budnikov, D.A. Intensifikatsiya sushki zerna aktivnym ventilirovaniyem s ispol'zovaniyem elektromagnitnogo polya SVCH [Intensification of grain drying by active ventilation using an electromagnetic microwave field]: abstract. diss. ... Candidate of Technical Sciences: 05.20.02. – Zernograd, 2008. – 19 p. [in Russian].
4. Vasil'yev, A.N., Ospanov, A.B., Budnikov, D.A. et al. Sovershenstvovaniye protsessov sushki i obezzarazhivaniya zerna v SVCH pole [Improving the processes of drying and disinfecting grain in a microwave field]. – Almaty: Nur-Print, 2017. – 163 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.35.03

А.М. Саидов[1] – *негізгі автор*,
Д.А. Калитка[2], **Б. Аманжол**[3], **Г.К. Есеева**[4], **Ж.Е. Балгужинова**[5]

[1]*Аға оқытушы*, [2]*Оқытушы*, [3,5]*Арнайы пәндер оқытушысы*,
[4]*Ауыл шаруашылығы ғылым. канд., аға оқытушы*

ORCID [1]https://orcid.org/0000-0002-6937-4663 [2]https://orcid.org/0000-0001-5577-8344
[3]https://orcid.org/0009-0008-8045-2336 [4]https://orcid.org/0000-0003-0211-0265
[5]https://orcid.org/0000-0001-8769-6503

[1,2]*Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай қ., Қазақстан*
[3]*Алматы мемлекеттік бизнес колледжі, Алматы қ., Қазақстан*
[4]*М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті, Қостанай қ., Қазақстан*
[5]*Қостанай жоғары политехникалық колледжі, Қостанай қ., Қазақстан*

@ [1]muslim727@bk.ru

©

https://doi.org/10.55956/QHLI8849

МАТЧА ШАЙЫНЫҢ БИСКВИТ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақала матча шайымен байытылған бисквит жартылай фабрикатының антиоксиданттық қасиеттерін зерттеуге арналған, бұл дұрыс тамақтануға деген қызығушылықтың артуы аясында маңызды болып табылады. Зерттеудің мақсаты-матчаны пайдаланып оңтайлы рецептураны әзірлеу және оның антиоксиданттық қасиеттерін талдау. Жұмыстың негізгі бағыттары шайдың оңтайлы пропорцияларын анықтауды және оның сапа көрсеткіштеріне әсерін қамтиды. Жұмыс кондитерлік өнеркәсіпте табиғи антиоксиданттарды қолдану туралы білімді кеңейтеді және жоғары антиоксиданттық белсенділігі мен жақсы органолептикалық сипаттамалары бар жаңа өнімді ұсынады. Әдістеме потенциометриялық және спектрофотометриялық талдауды, ингредиенттердің пропорцияларын сәйкестендіру эксперименттерін және антиоксиданттық белсенділікті бағалауды қамтиды. Әзірленген формула пайдалы тамақтану саласындағы функционалды және пайдалы өнімдерге сұранысты қанағаттандыра отырып және осындай өнімдерді өндіруге ұсыныстар бере отырып, практикалық маңызы бар.

Тірек сөздер: антиоксиданттық белсенділік, бисквит жартылай фабрикаты, матча шайы, функционалды тағамдар, табиғи антиоксиданттар.

Саидов, А.М. Матча шайының бисквит жартылай фабрикатының антиоксиданттық белсенділігіне әсері [Мәтін] / А.М. Саидов, Д.А. Калитка, Б. Аманжол, Г.К. Есеева, Ж.Е. Балгужинова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.49-62. https://doi.org/10.55956/QHLI8849

Кіріспе. Кондитерлік өнімдер біздің диетамыздың ажырамас бөлігіне айналды, олар тек рахат көзі ғана емес, сонымен қатар денсаулығымызға белгілі бір әсер етеді. Осыны ескере отырып, заманауи азық-түлік технологияларында отандық өнімдерді жасау пайдалы компоненттермен

байытылған функционалды тағамдық кондитерлік өнімдер ерекше маңызға ие болуда.

Байытудың заманауи әдістерін қолдану витаминді-минералды құрамы мен функционалдық қасиеттері жақсартылған кондитерлік өнімдерді жасауға мүмкіндік береді. Мұндай тағамдар гастрономиялық қажеттіліктерді қанағаттандырып қана қоймайды, сонымен қатар дененің оңтайлы жұмысын қамтамасыз етуге және әртүрлі аурулардың даму қаупін азайтуға көмектесу арқылы денсаулыққа пайдасын тигізеді.

Соңғы жылдары құрамында биологиялық белсенді қосылыстары бар функционалды тағамдарды жасауға қызығушылық артты.

Дұрыс тамақтанудың қазіргі тенденциялары антиоксиданттық белсенділігі жоғары функционалды қоспалармен байытылған өнімдерді әзірлеудің өзектілігін көрсетеді. Антиоксиданттар ағзадағы тотығу процестерімен күресудің негізгі элементтері болып табылады, олар иммундық жүйені нығайтады және жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғауға көмектеседі, осылайша жүрек-қан тамырлары және қатерлі ісік сияқты созылмалы аурулардың даму қаупін азайтады.

Функционалды тағамдарды әзірлеу кезінде белгілі бір пайдалы қасиеттері бар минималды тазартумен табиғи шыққан компоненттерді қолдану ұсынылады. Табиғи шыққан жақсартқыштар – бұл өсімдіктерден немесе жануарлардан алынатын биологиялық заттар. Олардың құрамында минералдар, антиоксиданттар және басқа да пайдалы компоненттер болуы мүмкін [1].

Өсімдік тектес перспективалы шикізат жасыл шай болып табылады, оның денсаулыққа көптеген пайдасы бар, соның ішінде антиоксиданттық, қабынуға қарсы, канцерогенге қарсы әсерлері бар.

Азық-түлік өнімдерінің антиоксиданттық белсенділігін арттыру бойынша зерттеулерді жақын және алыс шетел авторлары жүргізді.

Зерттеу жүргізушілер K. Jakubczyk және басқалары «Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea» атты еңбегінде матча жасыл шайының (Camellia sinensis) құрамында полифенолдар, амин қышқылдары (негізінен таниндер) және кофеин көп екендігі анықталды, бұл сусынның антиоксиданттық қасиеттерін күшейтеді. Зерттеулерді жүргізу үшін авторлар 1,75 г өсімдік материалына әр түрлі температурадағы (25°C, 70°C, 80°C және 90°C) 100 мл тазартылған суды бір рет құю арқылы инфузия дайындады. Нәтижесінде олар 90°C температурада дайындалған инфузиялар ең жоғары антиоксиданттық белсенділікті көрсеткенін анықтады, келесі нәтижелер: флавоноидтардың антиоксиданттық заттарының мөлшері 1968,8 мг/л; полифенолдар 1765,1 мг/л; С витамині 44,8 мг/л, антиоксиданттық потенциал 41,2% DPPH (10 есе сұйылту); 6129,5 мкм Fe(II)/dm3 FRAP) алынды [2].

Зерттеу жүргізушілер G. Rusak, I. Šola, және V. Vujčić Bok «Matcha and Sencha green tea extracts with regarding to their phenolics pattern and antioxidant and antidiabetic activity during in vitro digestion» атты еңбегінде матча жасыл шайының антиоксиданттық белсенділігін анықтау кезінде келесі нәтижелер алынды: галл қышқылы, галлокатехин, эпигаллокатехин, кверцетин және каемпферол сәйкесінше 1,5, 1,6, 1,8, 1,7, 1,2 есе жоғары Сенча жасыл шайына қарағанда; ал антиоксиданттық белсенділігі ($p \leq 0,05$) ABTS кезінде 3,2 және 1,1 есе жоғары, сонымен қатар FRAP және α-глюкозидазаның тежелуі 1,8 есе жоғары болды. Бұл нәтижелер матча ұнтағын оның сулы сығындысымен бірге қорытқанда, сенчамен салыстырғанда матча полифенолдарының

биожетімділігі жоғарылайтынын, антиоксиданттық және диабетке қарсы белсенділігі жоғары екенін көрсетеді [3].

Зерттеушілер В.Ю. Контарева, С.Н. Белик, және В.В. Крючкова «Матча жасыл шайын тамақ өнімдерінде функционалды компонент ретінде қолданудың өзектілігі» атты еңбегінде жапондық матча жасыл шайының функционалды ингредиенттерге қойылатын талаптарға сәйкестігін талдайды. Авторлар жүргізген талдау көрсеткендей, матча шайы шлактар мен токсиндерді кетіруге көмектесетін және күшті антиоксиданттық әсерге ие табиғи иммунокүшейткіш болып табылады, сондықтан функционалдық тамақ өнімдерін әзірлеуде компонент ретінде қолданылуы мүмкін [4].

В.А. Крохалев, Т.С. Худякова «Тәтті тағамдар технологиясында дәстүрлі емес өсімдік шикізатын қолданудың орындылығын негіздеу» атты еңбектерінде жапырақты көк шай мен матча шайына салыстырмалы талдау жүргізеді. Зерттеу нәтижелері бойынша автор қарапайым жасыл шаймен салыстырғанда матчаның құрамында хлорофиллдің көп болуына байланысты жасыл түстің ашық реңктері бар деген қорытындыға келген. Өсіру жағдайлары да әртүрлі, матча шайы негізінен көлеңкеде өсіріледі, ал көк шай күн шуақты жерде өсіріледі. Көк шайдың құрамында көп мөлшерде полифенолдар (жаңа жапырақтардың құрғақ салмағының 30%), катехиндер, эпигаллокатехин-3-галлат (EGCG), 230 мл 28 мг кофеин және 2 кКал бар; фенол қышқылдары, кверцетин және рутин аз. Матча құрамында негізінен антиоксиданттар, катехиндер, эпигалло-катехин-3-галлат (EGCG) болса; 230 мл-де 70 мг кофеин және 5 кКал; L-теанин мен L-аргининнің, фенол қышқылдарының, кверцетиннің, рутиннің жоғары концентрациясы бар. Матчаның антиоксиданттық, бактериостатикалық, ісінуге қарсы, инфекцияға қарсы, нейродегенеративті қасиеттері жоғарырақ болды [5].

Авторлар Е.Н. Молчанова, К.Ю. Тощева, және С.С. Барсанов «Матча жасыл шайының нан-тоқаш өнімдерінің сапасына әсері» атты еңбегінде матча шайының қосылуының глютеннің қасиеттеріне, ашытқылардың белсенділігіне және нан-тоқаш өнімдерінің сапасына әсерін зерттеген. Жүргізілген зерттеу матча ұнтағының бөлшектері глютенді ақуыздарға енгізілгенін, сонымен бірге ИДК көрсеткіштері мен глютеннің гидратациялық қабілеті өзгеретінін көрсетті. Авторлар нан-тоқаш өнімдерін өндіру технологиясында матча шайын 3%-дан аспайтын мөлшерде қолдануға болады деген қорытындыға келді [6].

Авторлар И.С. Клочкова, Е.В. Масленникова «Кекс рецептін әзірлеуде матча жасыл шайын қолдану» атты еңбегінде матча жасыл шайын кекстер өндіру технологиясында қолдану мүмкіндігін қарастырған. Авторлар кекстердің құрамына енгізу үшін матча жасыл шайының оңтайлы дозасы ұн массасының 7% құрайтынын анықтады. Алынған 7% матча шайы қосылған кекс тамаша органолептикалық және физика-химиялық сапа көрсеткіштеріне ие болды. Таниннің мөлшері 41 мг/100 г, энергетикалық құндылығы 408,8 ккал құрады [7].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жұмыста шикізат пен дайын өнімнің қасиеттерін зерттеудің стандартты физика-химиялық әдістері қолданылды. Жұмыстың әдістемесі потенциометриялық және спектрофотометриялық әдістерді қолдана отырып, матча жасыл шайының антиоксиданттық қасиеттерін талдауды қамтиды [8,9].

Антиоксиданттық белсенділігі жоғары бисквитті жартылай фабрикаттың рецептурасын әзірлеу үшін қоспа ретінде матча көк шайы таңдалды

Матча – көлеңкеде өсірілген және тікелей күн сәулесінен қорғалған шай жапырақтарынан жасалған ұнтақ түріндегі органикалық өнім болып табылатын дәстүрлі жапон шайы. Ол зат алмасуды жылдамдатады, ағзаның энергетикалық белсенділігін арттырады және антиоксиданттар мен полифенолдардың құнды көзі болып табылады.

Матча ұнтағы (1-сурет) әртүрлі тағамдар мен десерттерге тағамдық қоспа және табиғи бояғыш ретінде кеңінен қолданылады.

Сурет 1. Матча жасыл шайының үлгісі

Матча сергітетін және босаңсытатын қасиеттерге ие, сонымен қатар дененің энергетикалық белсенділігін арттырады. Сонымен қатар, бұл шай метаболизмді жылдамдатады және антиоксиданттар мен полифенолдардың құнды көзі болып табылады. Тұрақты детоксикация немесе тазарту органдардың жаңадан белсенді жұмыс істеуіне көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар қанның таза және сау болуына көмектеседі. Матча жасыл шайы қарапайым жасыл шайға қарағанда 3 есе жоғары антиоксиданттық белсенділікті көрсетеді [10,11].

Жүргізілген зерттеулердің негізгі мақсаты матча жасыл шайының антиоксиданттық қасиеттерін талдау және оны ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді өндіруде функционалдық қоспа ретінде пайдалану перспективаларын бағалау болды. Ол үшін кондитерлік өнімдердің антиоксиданттық белсенділігін арттыру үшін матча шайын қолданудың орындылығы негізделді, оның бисквит жартылай фабрикатының сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттелді және дайын өнімнің антиоксиданттық қасиеттері анықталды.

Жұмыста жасыл матча шайының әртүрлі дозалары бар 4 үлгінің антиоксиданттық белсенділігі анықталды:

- бақылау үлгісі, қоспасыз;
- 5% матча шайының дозасы бар үлгі;
- 10% матча шайының дозасы бар үлгі;
- 15% матча шайының дозасы бар үлгі.

Сондай-ақ дайын өнім сапасының органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштеріне талдау жасалды. Бұйымның сапасын бағалау МЕМСТ 5904-82 «Кондитерлік бұйымдар» Сынамаларды қабылдау ережелері, сынамаларды іріктеу және дайындау әдістері" талаптарына сәйкес жүргізілді [12].

Бисквит жартылай фабрикаты үлпілдек жеңіл және кеуекті құрылымға ие болуы керек, жеңіл қысыммен сығылады, күш жойылған кезде құрылымды оңай қалпына келтіреді. Пішін тұрақты, жарықтар мен

бұзылуларсыз болуы керек. Жақсы пісірілген бисквиттің тегіс және кейбір жерлерінде кедір-бұдырлы қабықты қатайтылмаған және араластырылмаған қамыры жоқ, сонымен қатар қалыңдығы біркелкі болады.

Дайын өнім сапасының органолептикалық көрсеткіштерін зерттеу барысында әртүрлі өнім үлгілерін жүйелі түрде салыстыру жүргізіледі. Критерийлер беттің түсі, пішіні, құрылымы сияқты сыртқы түрін бағалауды қамтиды. Сонымен қатар, дәмнің қарқындылығы және оның құрамдас бөліктері, сондай-ақ тұздылық, тәттілік, қышқылдық және ащылық сияқты дәмдік сипаттамалар анықталады.

Антиоксиданттық белсенділікті анықтау алынған сығындыны құрайтын заттар топтары бойынша бағаланды [13]. Антиоксиданттық қасиеттерді көрсететін ең көп таралған заттар фенолды қосылыстар мен флавоноидтар болып табылады. Жалпы антиоксиданттық белсенділікті анықтау потенциометриялық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады [14]. Фенолды қосылыстардың қосындысын бағалау үшін спектрофотометриялық анықтау Folin-Ciocalteau реагентінің көмегімен қолданылады [9].

Зерттелетін 50 мг ауадағы құрғақ шикізатқа 1,5 мл 80% этил спирті қосылды және 80°С температурада 30 минут бойы термостаттау жүргізілді. Содан кейін алынған қоспаны центрифугалық түтікке салады және 12000 г температурада 10 минут бойы центрифугалайды. Жоғарыда шөгінді сұйықтық алынып, тұнба 0,5 мл ыстық сумен жуылады, содан кейін шайқау және қайта центрифугалау жүргізілді. Үстіңгі зат біріктіріліп, көлемі тазартылған сумен 2 мл-ге дейін жеткізілді.

Алынған ерітіндіге 0,5 мл бастапқы ерітінді қосылады, содан кейін 2,5 мл Folin-Ciocalteau реагенті қосылады (дистилденген сумен 1:10 қатынасында) және 2 мл натрий карбонаты ерітіндісі (100 мл дистилденген суға 7,5 г) қосылады. Екі сағаттан кейін спектрофотометрия 765 нм-де жүргізіледі. Бақылау ретінде тазартылған су қолданылады [8,15]. Спектрофотомерияны КФК-3-01 жүргізеді, ол 2-суретте көрсетілген.

Сурет 2. Спектрофотометр КФК-3-01

Фенолды қосылыстардың қосындысы галл қышқылының 25 мг/л, 50 мг/л, 100 мг/л, 150 мг/л, 200 мг/л, 250 мг/л стандартты ерітінділерімен анықталады.

Дайын өнімдегі антиоксиданттық белсенділікті анықтау $K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$ медиаторлық жүйесін пайдалана отырып, липидтердің СРО модельдік реакцияларын тежеу арқылы, липосомалардың тотығу моделі арқылы жүзеге асырылады. Антиоксиданттық потенциалды анықтау үшін Ph ортасы мен ортаның потенциалын өлшеу режимдері арасында ауысу

мүмкіндігі бар 150-МИ маркалы Ph -метрді, сондай-ақ аралас хлорлы күміс электродты Ag|AgCl|.3,5 М ККл пайдаланады (3-сурет).

Сурет 3. РН-метр 150-МИ

Келесі химиялық реактивтер қолданылады: NaCL, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, $K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$.

Зерттеуді жүргізу үшін 250 миллилитрлік колбаға салынған 1 г дайын жартылай фабрикаттан дайындалған сулы сығынды қолданылады. Бұл қоспаға 50 см^3 дистилденген су қосылады, содан кейін су ваннасында 60°С температурада қыздыру 30 минут бойы бір уақытта араластыру арқылы жүзеге асырылды. Алынған сулы сығынды бөлме температурасына дейін салқындағаннан кейін қағаз сүзгісі арқылы сүзу жүргізіледі, содан кейін алынған фильтрат қосымша талдаулар үшін пайдаланылады. Сүзінді көлемі 100 мл өлшеуіш шыныаяққа ауыстырылады және ортаның потенциалы өлшенеді.

Антиоксиданттардың концентрациясы медиаторлық жүйесі бар буферлік ерітіндіге $K_3[Fe(CN)_6]$/ $K_4[Fe(CN)_6]$ батырылған электрод потенциалының өзгеруімен анықталады. Үлгіні енгізген кезде жүйенің потенциалындағы өзгерістерді байқауға болады. Бұл құбылыс реакция нәтижесінде жүйе компоненттерінің тотыққан және тотықсызданған түрлерінің қатынасының өзгеруімен түсіндіріледі.

Зерттеу нәтижелері. Матча шайының әртүрлі концентрациясымен байытылған бисквитті жартылай фабрикатты дайындау технологиясы классикалық бисквитті өндіру процесіне ұқсас [16]. Жасыл матча шайының ең оңтайлы мөлшерін таңдау үшін бірқатар тәжірибелер жүргізілді.

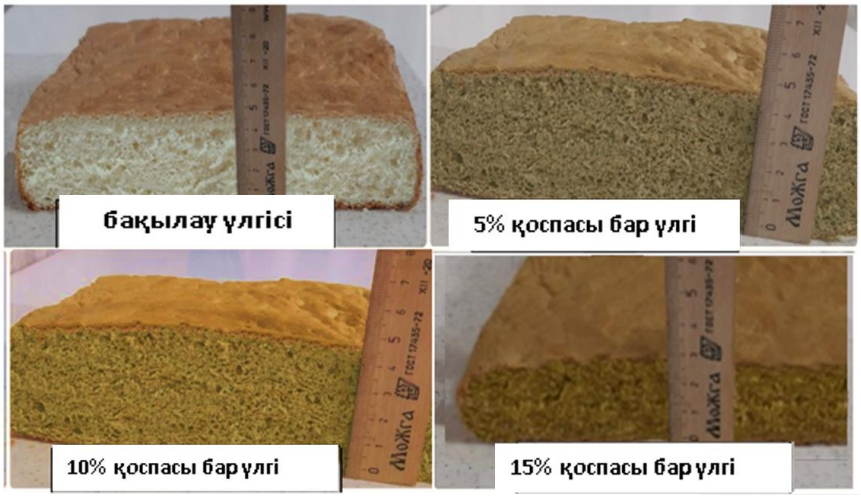
Әр түрлі мөлшердегі матча шайының құрамы бар бисквитті жартылай фабрикаттың рецептісі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Матча көк шайы қосылған бисквиттің рецептурасы

Шикізаттың атауы	Бақылау	Матча қоспасылған шай		
		5%	10%	15%
жоғары сұрыпты бидай ұны	100	95	90	85
матча шайы	-	5	10	15
құмшекер	110	110	110	110
тауық жұмыртқасы	165	170	170	170
пісіретін ұнтақ	1,5	1,5	1,5	1,5
тұз	1	1	1	1

4-суретте бақылау үлгісіндегі бисквит жартылай фабрикаттарының және матча шай ұнтағының әртүрлі құрамындағы үлгілердің кесінділері көрсетілген.



Сурет 4. Бөліктерге бөлінген бисквитті жартылай фабрикаттар

Бисквиттердің барлық түрлерін пісіргеннен кейін барлық үлгілердің сапасына органолептикалық бағалау жүргізілді. Бағалауды 10 адам жүргізді, келесі көрсеткіштер бағаланды: сыртқы түрі, көлденең бөлінген бөлігі, үгінділердің түсі, иісі, дәмі.

Барлық бақылау үлгілері келесідей сипатталды:

Сыртқы түрі: барлық бұйымдардың пішіні дұрыс, беті ісінбеген, жиектері тегіс, сынықтар мен ойықтарсыз осы бұйымға сәйкес келеді.

Бөлінген бөлігі: пісірілген жартылай фабрикаттарда қоспаның іздері болмаған, консистенциясы ақаусыз, пісірілген кеуекті, қалыңдығы бойынша біркелкі.

Ұнтақтың түсі: бақылау үлгісі - ашық-қоңыр түсті; 5% қоспасы бар үлгі – ашық-жасыл реңктері бар қоңыр; 10% қоспасы бар үлгі – жасыл реңктері бар қоңыр; 15% қоспасы бар үлгі – қою-жасыл реңктері бар қоңыр түсті болды.

Иісі мен дәмі: қоспасы бар үлгілерде шайдың аздаған нотасы бар. Жартылай фабрикаттардың дәмін бағалау 2-кестеде келтірілген. 2-кестеден 10% матча шайы қосылған жартылай фабрикаттардың органолептикалық көрсеткіштері бойынша классикалық қоспасыз бисквиттен кем түспейтінін көруге болады.

Кесте 2

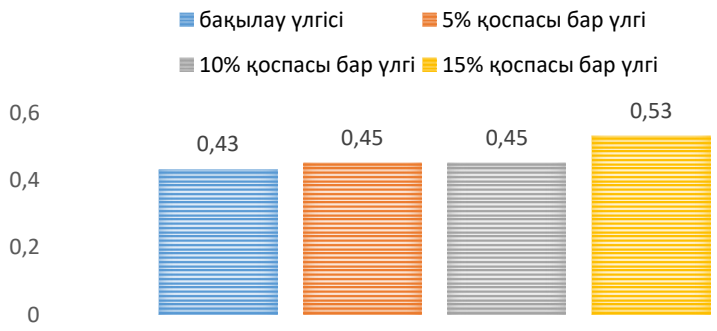
Бисквитті жартылай фабрикаттардың балдық бағасы

Сапа көрсеткіштері	Бақылау	5% қоспасы бар үлгі	10% қоспасы бар үлгі	15% қоспасы бар үлгі
Сыртқы түрі	5	4	5	4
Бөлінген бөлігі	5	5	5	4
Түсі	5	4	5	4
Иісі	5	5	5	5
Дәмі	5	5	5	5
Барлығы	25	24	25	22

Органолептикалық көрсеткіштердің профилограммасы 5 суретте көрсетілген.

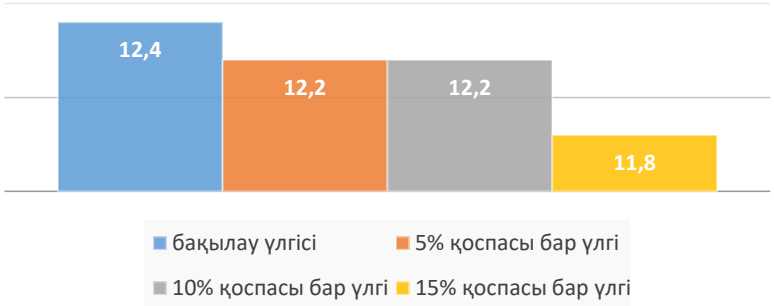
Сурет 5. Бисквитті жартылай фабрикаттардың органолептикалық көрсеткіштерінің профилограммасы

МЕМСТ-да сипатталған стандартты әдістерді қолдана отырып, дайын жартылай фабрикаттың тығыздығы мен кеуектілігінің келесі мәндері алынды (6, 7-суреттерді қараңыз).



Сурет 6. Бисквитті жартылай фабрикаттардың тығыздығы, г/см^3

8-суреттерден көріп отырғанымыздай, матча шайының 15% қосындысы бисквитті жартылай фабрикаттарының тығыздығы едәуір артты.

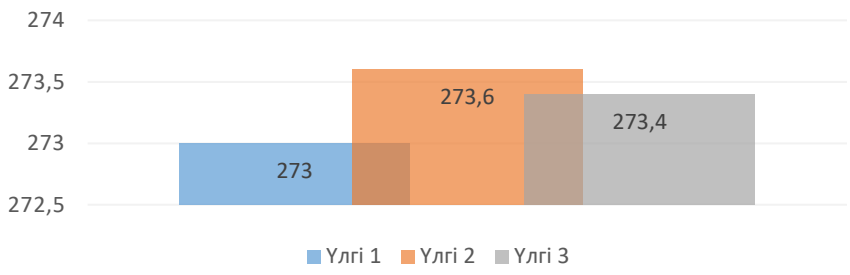


Сурет 7. Бисквитті жартылай фабрикаттардың кеуектілігі, %

Матча шайының мөлшері 5 және 10% болатын өнімдерде кеуектілігі бойынша ең жақсы нәтижелер байқалды. Шайдың мөлшерін 15%-ға дейін арттырған кезде кеуектілігі нашарлайды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде 10% матча жасыл шайы қосылған дайын өнім оңтайлы доза болып табылатыны анықталды, бұл органолептикалық сапа көрсеткіштерінің айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді.

Әрі қарай потенциометриялық зерттеу әдістерін қолдана отырып, матча шайының 10% енгізе отырып, дайын өнімнің антиоксиданттық белсенділігі анықталды. Нәтижелердің дұрыстығы үшін үш параллель сынама талданды

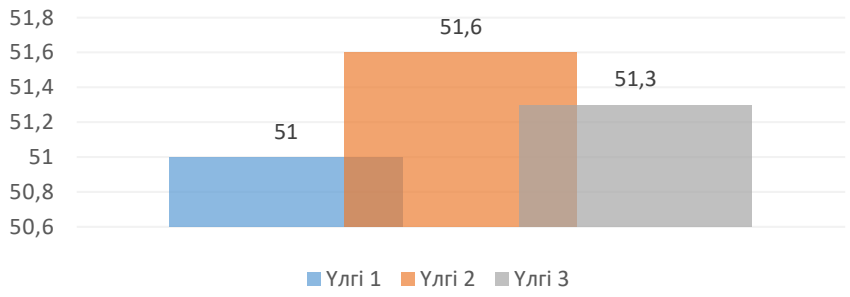
Алдымен бисквитті жартылай фабрикатындағы фенолды қосылыстардың мөлшері анықталды (8-сурет).



Сурет8. Бисквитті жартылай фабрикатындағы фенолды қосылыстардың құрамы, мг/100 г

Тәжірибе нәтижелері матча шайының сығындысында фенолдық қосындылардың мөлшері 273,3 ± 0,3 г/100 г құрайтынын көрсетті.

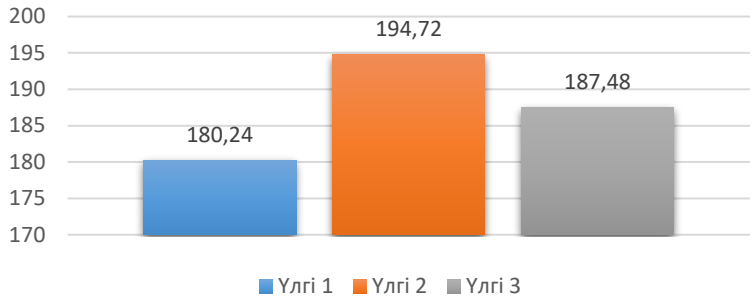
Тәжірибе барысында матча шайының сығындысындағы флавоноидтардың мөлшері де анықталды (9-сурет).



Сурет 9. Бисквитті жартылай фабрикаттағы флавоноидтардың құрамы мг/100 г

Сынақтарды жүргізу барысында матча шайының сығындысында флавоноидтардың мөлшері 51,3 ±0,03 г/100 г болатындығы анықталды.

Дайын өнімдегі антиоксиданттық белсенділікті анықтаудың потенциометриялық әдісін қолданғанда келесі нәтижелер алынды, олар 10-суретте көрсетілген.



Сурет 10. Бисквитті жартылай фабрикаттың антиоксиданттық белсенділігі, ммоль-экв./дм^3

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде матча шайымен байытылған бисквитті тәтті тоқаштың жоғары антиоксиданттық белсенділігі дәлелденді, ол 187,48 ±7,24 г/100 г құрайды.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Біздің зерттеу нәтижелеріміз тамақ өнімдерінің функционалдық қасиеттерін жақсарту үшін матча шайы сияқты табиғи текті функционалдық қоспаларды пайдаланудың орындылығын растайды. Біздің қорытындыларымыз K. Jakubczyk, J. Kochman, A. Kwiatkowska, J. Kałduńska, K. Dec, D. Kawczuga, K. Janda, G. Rusak, I. Šola., V. Vujčić Bok, В.Ю. Контарева, С.Н. Белик, В.В. Крючкова, В.А. Крохалев, Т.С. Худякова, Е.Н. Молчанова, К.Ю. Тощева, С.С. Барсанов, И.С. Клочкова, Е.В. Масленникова, сияқты авторлардың алдыңғы зерттеулерін толықтырады, кондитерлік өнеркәсіпте табиғи антиоксиданттарды қолдану мүмкіндіктері туралы білімдерін кеңейтеді [2-7].

Нәтижелер бисквит өнімдерінің функционалдық өнімділігін жақсарту үшін матча жасыл шайын табиғи антиоксидант ретінде пайдаланудың айтарлықтай әлеуетін көрсетеді. Бұл антиоксиданттық қасиеттері жақсартылған тағамдарды жасауға мүмкіндіктер ашады.

Жоғарыда келтірілген зерттеулердің нәтижесінде үш нұсқаның ішіндегі ең оңтайлысы ұнның салмағынан 10% мөлшерінде матча шайының бисквит жартылай фабрикатын рецептураға енгізу болып табылатындығы анықталды, бұл мөлшер дайын өнімнің органолептикалық сипаттамаларына жағымсыз әсер етпейді, сонымен бірге кондитерлік өнімдердің 10% дозада матча шайымен байытылған дайын өнімнің антиоксиданттық белсенділігі 187,48±7,24 ммоль-экв./дм^3 құрады.

Әрине, зерттеу нәтижелері пайдаланылған ингредиенттер мен технологиялық процестерге тән болуы мүмкін, бұл деректерді интерпретациялау кезінде ескерілуі керек. Функционалды өнімдердің ассортиментін кеңейту үшін қосымша зерттеулер бисквит өнімдерін табиғи антиоксиданттардың басқа түрлерімен және шайдың әр түрлі түрлерімен байыту процесін зерттеуге және олардың сақтау мерзімі мен органолептикалық сипаттамаларына әсерін бағалауға бағытталуы мүмкін. Матча жасыл шайын қолдану арқылы бисквит өнімдерінің антиоксиданттық белсенділігін арттыру бойынша зерттеулердің салауатты диетаны дамытуға және инновациялық функционалды тағам өнімдерін жасауға үлкен маңызы бар.

Қорытынды. Жүргізілген талдау матча шайын қолданудың оңтайлы дозасы 10% мөлшерінде екенін көрсетті, бұл дозада адамға қажетті

полифенолдар, катехиндер және сапониндер сияқты антиоксиданттардың айтарлықтай мөлшері бар және сонымен бірге органолептикалық және физика-химиялық сапа көрсеткіштері өзгерістерге әкелмейді.

Матча шайының сығындысындағы флавоноидтардың мөлшері 51,3±0,03 г/100 г, фенолды қосылыстар қосындысының мөлшері 273,3±0,3 г/100 г құрады. Бисквитті жартылай фабрикаттың антиоксиданттық белсенділігі 10% матча шайын қосқанда 187,48±7,24 ммоль-экв./дм^3.

Нәтижелер матча шайымен байытылған бисквит жартылай фабрикатындағы антиоксиданттардың жоғары мөлшерін көрсетеді, бұл матча шайын антиоксиданттық белсенділігі жоғары функционалды бисквит жартылай фабрикатын жасау үшін қолданудың орындылығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді, бұл тек дәмді ғана емес, сонымен қатар денсаулыққа өте пайдалы болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Lensky N. et al. Study of industrial enzyme improvers of the rheological properties of baking flour and the quality of finished products // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2024. – Vol. 82. – P. 02018.
2. Jakubczyk K, Kochman J, Kwiatkowska A, Kałduńska J, Dec K, Kawczuga D, Janda K. Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea // Foods. – 2020. – Vol. 9(4). – P. 483.
3. Rusak G, Šola I, Vujčić Bok V. Matcha and Sencha green tea extracts with regard to their phenolics pattern and antioxidant and antidiabetic activity during in vitro digestion // J Food Sci Technol. – 2021. – Vol. 58(9). – P. 3568-3578.
4. Контарева, В.Ю. Актуальность применения зеленого чая матча в качестве функционального компонента в пищевых продуктах [Текст] / В.Ю. Контарева, С.Н. Белик, В.В. Крючкова // Материалы международной научно-практической конференции: Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий. – Волгоград: ООО «СФЕРА», 2021. – С. 249-254.
5. Крохалев, В.А. Обоснование целесообразности применения нетрадиционного растительного сырья в технологии сладких блюд [Текст] / В.А. Крохалев, Т.С. Худякова // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 10(199). – С. 243-252.
6. Молчанова, Е.Н. Влияние зеленого чая матча на качество булочных изделий [Текст] / Е.Н. Молчанова, К.Ю. Тощева, С.С. Барсанов // Сборник научных трудов Всероссийского форума и конкурса научных работ: Актуальные вопросы качества и безопасности продовольственного сырья, кулинарной продукции, хлебопекарных и кондитерских производств. – Москва: ООО «Русайнс», 2023. – С. 131-136.
7. Клочкова, И.С. Использование зеленого чая матча при разработке рецептуры кекса [Текст] / И.С. Клочкова, Е.В. Масленникова // Пищевая промышленность. – 2022. – № 12. – С. 104-106.
8. ОФС.1.5.3.0006.15. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах [Текст]. – Введ. 01.09.2023. – Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания, 2023.
9. Моисеев, Я.П. Спектрофотометрическое определение суммы сапонинов в плодах дерезы китайской Lycium chinense mill [Текст] / Я.П. Моисеев, Е.Е. Курдюков, А.В. Митишев // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 123-128.
10. Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M. Beneficial Properties of Green Tea Catechins // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21(5). – P.1744.
11. Bonuccelli G., Sotgia F., Lisanti M.P. Matcha green tea (MGT) inhibits the propagation of cancer stem cells (CSCs), by targeting mitochondrial metabolism,

glycolysis and multiple cell signalling pathways // School of Environment and Life Sciences. – 2018. – Vol. 10 (8). – P. 1867-1883.
12. ГОСТ 5904-82. Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб [Текст]. – Введ. 01.01.24. – Москва: Издательство стандартов, 2010. – 8 с.
13. Ye Y., Ai Z., Li R. Quality analysis and antioxidant activity of different types of tea powder // Food Prod Process and Nutr. – 2024. – Vol. 6. – No. 1. – P. 36.
14. Москвичева, А.А. Зависимость антиоксидантной активности чая от содержания фенольных соединений [Текст] / А.А. Москвичева, А.Н. Васильева, З.А. Баранова // Материалы X Международной научно-практической онлайн-конференции: Пищевая биотехнология и продовольственная безопасность. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 109-114.
15. Государственная Фармакопея РК. Вып.2: Общие методы анализа [Текст] / [?]. – М.: Медицина, 1991. – 387 с.
16. Кузнецова, Л.С. Технология производства мучных кондитерских изделий : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования [Текст] / Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.

Материал редакцияға 23.11.24 түсті, 20.02.25 қабылданды.

А.М. Саидов[1], Д.А. Калитка[1], Б. Аманжол[2], Г.К. Есеева[3], Ж.Е. Балгужинова[4]

[1]Костанайский региональный университет им. Ахмет Байтұрсынұлы, г. Костанай, Казахстан
[2]Алматинский государственный бизнес колледж, г. Алматы, Казахстан
[3]Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, г. Костанай, Казахстан
[4]Костанайский политехнический высший колледж, г. Костанай, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ЧАЯ МАТЧА НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Аннотация. Статья посвящена исследованию антиоксидантных свойств бисквитного полуфабриката, обогащенного чаем матча, что важно в контексте роста интереса к здоровому питанию. Цель исследования – разработка оптимальной рецептуры с использованием матча и анализ его антиоксидантных свойств. Основные направления работы включают определение оптимальных пропорций чая и его влияние на показатели качества. Работа расширяет знания о применении натуральных антиоксидантов в кондитерской промышленности и предлагает новый продукт с высокой антиоксидантной активностью и хорошими органолептическими характеристиками. Методология включает потенциометрический и спектрофотометрический анализ, эксперименты по подбору пропорций ингредиентов и оценку антиоксидантной активности. Разработанная рецептура имеет практическую значимость, удовлетворяя спрос на функциональные и полезные продукты в сфере здорового питания и предлагая рекомендации для производства подобных изделий.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, бисквитный полуфабрикат, чай матча, функциональные продукты, натуральные антиоксиданты.

A.M. Saidov[1], D.A. Kalitka[1], V. Amanzhol[2], G.K. Yeseeva[3], Zh.E. Balguzhinova[4]

[1]Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan
[2]Almaty State Business College, Almaty, Kazakhstan
[3]Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov, Kostanay, Kazakhstan
[4]Kostanay Higher Polytechnic College, Kostanay, Kazakhstan

THE INFLUENCE OF MATCHA TEA ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SPONGE CAKE SEMI-FINISHED PRODUCT

Abstract. The article is devoted to the study of the antioxidant properties of a sponge cake semi-finished product enriched with matcha tea, which is important in the context of the growing interest in healthy eating. The aim of the research is to develop an optimal recipe using matcha and to analyze its antioxidant properties. The main areas of the study include determining the optimal proportions of tea and its impact on quality indicators. This work expands knowledge on the use of natural antioxidants in the confectionery industry and offers a new product with high antioxidant activity and good organoleptic characteristics. The methodology includes potentiometric and spectrophotometric analysis, experiments on ingredient proportion selection, and antioxidant activity assessment. The developed recipe has practical significance, meeting the demand for functional and beneficial products in the field of healthy eating and offering recommendations for producing similar items.

Keywords: antioxidant activity, sponge cake semi-finished product, matcha tea, functional products, natural antioxidants.

References

1. Lensky N. et al. Study of industrial enzyme improvers of the rheological properties of baking flour and the quality of finished products // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2024. – Vol. 82. – P. 02018.
2. Jakubczyk K, Kochman J, Kwiatkowska A, Kałduńska J, Dec K, Kawczuga D, Janda K. Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea // Foods. – 2020. – Vol. 9(4). – P. 483.
3. Rusak G, Šola I, Vujčić Bok V. Matcha and Sencha green tea extracts with regard to their phenolics pattern and antioxidant and antidiabetic activity during in vitro digestion // J Food Sci Technol. – 2021. – Vol. 58(9). – P. 3568-3578.
4. Kontareva V.YU., Belik S.N., Kryuchkova V.V. Aktual'nost' primeneniya zelenogo chaya matcha v kachestve funktsional'nogo komponenta v pishchevykh produktakh [Relevance of the use of matcha green tea as a functional component in food products] // Proceedings of the international scientific and practical conference: Innovatsionnoye razvitiye agrarno-pishchevykh tekhnologiy [Innovative development of agrarian and food technologies]. – Volgograd: SFERA LLC, 2021. – P. 249-254. [in Russian].
5. Krokhalev V.A., Khudyakova T.S. Obosnovaniye tselesoobraznosti primeneniya netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya v tekhnologii sladkikh blyud [Justification of the feasibility of using non-traditional plant materials in the technology of sweet dishes] // Bulletin of KrasSAU. – 2023. – No. 10(199). – P. 243-252. [in Russian].
6. Molchanova Ye.N., Toshcheva K.YU., Barsanov S.S. Vliyaniye zelenogo chaya matcha na kachestvo bulochnykh izdeliy [The effect of matcha green tea on the quality of bakery products] // Collection of scientific papers of the All-Russian forum and competition of scientific papers: Aktual'nyye voprosy kachestva i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya, kulinarnoy produktsii, khlebopekarnykh i konditerskikh proizvodstv [Current issues of quality and safety of food raw

materials, culinary products, bakery and confectionery industries]. – Moscow: Rusayns LLC, 2023. – P. 131-136. [in Russian].

7. Klochkova I.S., Maslennikova Ye.V. Ispol'zovaniye zelenogo chaya matcha pri razrabotke retseptury keksa [Using matcha green tea in developing a cake recipe] // Food industry. – 2022. – No. 12. – P. 104-106. [in Russian].
8. OFS.1.5.3.0006.15. Opredeleniye soderzhaniya ekstraktivnykh veshchestv v lekarstvennom rastitel'nom syr'ye i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh [Determination of the content of extractive substances in medicinal plant materials and medicinal herbal preparations]. – Introduced. 01.09.2023. – State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XV edition, 2023. [in Russian].
9. Moiseyev YA.P., Kurdyukov Ye.Ye., Mitishev A.V. Spektrofotometricheskoye opredeleniye summy saponinov v plodakh derezy kitayskoy Lycium chinense mill [Spectrophotometric determination of the sum of saponins in the fruits of Chinese wolfberry Lycium chinense mill] // Chemistry of plant raw materials. – 2021. – Np. 2. – P. 123-128. [in Russian].
10. Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M. Beneficial Properties of Green Tea Catechins // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21(5). – P.1744.
11. Bonuccelli G., Sotgia F., Lisanti M.P. Matcha green tea (MGT) inhibits the propagation of cancer stem cells (CSCs), by targeting mitochondrial metabolism, glycolysis and multiple cell signalling pathways // School of Environment and Life Sciences. – 2018. – Vol. 10 (8). – P. 1867-1883.
12. GOST 5904-82. Izdeliya konditerskiye. Pravila priyemki, metody otbora i podgotovki prob [Confectionery products. Acceptance rules, methods of sampling and sample preparation]. – Introduced. 01.01.24. – Moscow: Publishing house of standards, 2010. – 8 p. [in Russian].
13. Ye Y., Ai Z., Li R. Quality analysis and antioxidant activity of different types of tea powder // Food Prod Process and Nutr. – 2024. – Vol. 6. – No. 1. – P. 36.
14. Moskvicheva A.A., Vasil'yeva A.N., Baranova Z.A. Zavisimost' antioksidantnoy aktivnosti chaya ot soderzhaniya fenol'nykh soyedineniy [Dependence of antioxidant activity of tea on the content of phenolic compounds] // Proceedings of the X International scientific and practical online conference: Pishchevaya biotekhnologiya i prodovol'stvennaya bezopasnost' [Food biotechnology and food security]. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2022. – P. 109-114. [in Russian].
15. State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Issue 2: Obshchiye metody analiza [General methods of analysis] / [?]. – M.: Medicine, 1991. – 387 p. [in Russian].
16. Kuznetsova, L.S., Sidanova, M.YU. Tekhnologiya proizvodstva muchnykh konditerskikh izdeliy : uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya [Technology of production of flour confectionery products: a textbook for students of secondary vocational education institutions]. — Moscow: Publishing center “Akademiya”, 2013. – 400 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.53.33

Ж.Е. Смағұл[1] – *негізгі автор*,
Л.С. Сыздыкова[2], Д.А. Тлевлесова[3], К.М. Абдиева[4], Р. Сабит[5]

[1,5]Магистрант, [2]Техн. ғылым. канд., доцент, [3]PhD, қауымдас., профессор, [4]Биол. ғылым. канд., ассистент-профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0005-6574-032X [2]https://orcid.org/0000-0002-8953-6332 [3]https://orcid.org/0000-0002-5084-6587 [4]https://orcid.org/0000-0003-0111-6737 [5]https://orcid.org/0009-0006-2935-1092*

[1,2,3,4,5]Алматы Технологиялық Университеті,

Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]zhans020623@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/QRKL8110

БАҚША ДАҚЫЛДАРЫНАН АЛЫНҒАН ҰЗАҚ САҚТАЛАТЫН КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРДІҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл зерттеуде патенттелген рецептура бойынша дайындалған, бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштері зерттелді. Қазақтың ұлттық тағамы қауынқұрт және инновациялық қарбызқұрт өнімдердің физика-химиялық, микробиологиялық қасиеттері мен тағамдық құндылығы анықталды. Зерттеу барысында алынған өнімдердің құрғақ зат мөлшері 13,39-14,62%, ақуыз үлесі 4,38-4,64%, көмірсулар 43,67-44,32%, май 0,25-0,49%, энергетикалық құндылығы 174,39-177,84 ккал (729,71-743,99 кДж) құрады. Микробиологиялық зерттеулер зеңнің болмауын және ашытқылардың рұқсат етілген деңгейде екенін көрсетті. «Қауын құрт» өнімінде В3 дәрумені мен кремнийдің мөлшері жоғары анықталды, бұл сүйек, буын және тері денсаулығына оң әсер етеді. «Қарбыз құрт» құрамында А дәрумені көп, бұл оның антиоксиданттық қасиеттерін күшейтеді. Өндірілген өнімдер әртүрлі сақтау шарттарында 1 жыл тексерілді. Пластик контейнерде және шыны банкада сақталған өнімдерде ылғалдың жоғалуы байқалып, құрылымы қатайған. Вакуумдық қаптамада сақталған үлгілер сапасын сақтап, ылғал жоғалтпады. Жалпы, бұл зерттеу ауыл шаруашылығы өнімдерін тиімді қайта өңдеуге, тағам өнеркәсібіне инновациялық және пайдалы өнімдерді енгізуге, сондай-ақ халықтың дұрыс тамақтануын қамтамасыз етуге ықпал етеді.

Тірек сөздер: бақша дақылдары, қарбыз, қауын, ұзақ уақыт сақталатын өнімдер, рецептуралар, технологиялар, тағамдық құндылық.

Смағұл, Ж.Е. Бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштерін зерттеу [Мәтін] / Ж.Е. Смағұл, Л.С. Сыздыкова, Д.А. Тлевлесова, К.М. Абдиева, Р. Сабит //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.63-73. https://doi.org/10.55956/QRKL8110

Кіріспе. Қазіргі тағам өнеркәсібінде экологиялық таза, ұзақ сақталатын және табиғи өнімдерге сұраныс жыл өткен сайын артып келеді. Зерттеудің негізгі гипотезасы – кептіру технологиясын оңтайлы таңдау арқылы бақша дақылдарының табиғи қасиеттерін сақтай отырып, ұзақ сақталатын жоғары тағамдық құндылыққа ие өнімдер жасау. Халықтың денсаулыққа пайдалы әрі

дәмді өнімдерге деген қызығушылығы тағам өндірісін жаңа бағыттарға бейімдеуді қажет етеді [1]. Осы тұрғыдан алғанда, бақша дақылдарынан ұзақ мерзімге сақталатын кондитерлік өнімдер өндіру – ауыл шаруашылығының өнімдерін өңдіру саласын дамытуға, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және халықтың өмір сүру сапасын арттыруға ықпал етеді. Бұл дақылдар құрамында табиғи дәрумендер, минералдар, антиоксиданттардың мол болуымен ерекшеленеді.

Қарбыз, қауын, асқабақ және басқа да дақылдар жыл сайын көп мөлшерде өсіріледі, алайда толық игерілмей көп шығынға ұшырайды. Бұл дақылдарды тиімді пайдалану, оларды қайта өңдеу технологияларын жетілдіру – ауыл шаруашылығы мен тағам өнеркәсібі үшін стратегиялық міндеттердің бірі [2]. Бақша дақылдарын негізге ала отырып, ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің рецептураларын әзірлеу – экологиялық таза және жоғары сапалы өнімдерге деген сұранысты қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Қарбыз бен қауын – жаз маусымында кеңінен тұтынылатын өнімдер. Алайда олардың табиғи түрінде сақтау мерзімі шектеулі болғандықтан, оларды кептіру арқылы ұзақ мерзімді сақтауға және жарамды өнімдерге айналдыру тиімді шешім болып табылады. Кептіру процесі бұл өнімдердің табиғи дәмі мен пайдалы қасиеттерін сақтауға мүмкіндік беріп, жаңа нарықтық сегменттерді қамтуға жол ашады [3]. Сонымен қатар, кептірілген қарбыз бен қауыннан алынған өнімдер экологиялық таза, денсаулыққа зиянсыз, ал өндіріс тұрғысынан шығындарды азайтатын инновациялық тәсілдердің бірі болып табылады.

Ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдер халық арасында күнделікті тұтынуға қолайлы, дәмді әрі пайдалы тағам ретінде танымал бола алады. Мұндай өнімдер сақтау шарттарына байланысты ұзақ мерзімге жарамды, тасымалдауға ыңғайлы және әртүрлі климаттық жағдайларда сақталуға бейімделген [4]. Бақша дақылдарының табиғи қасиеттерін сақтау, олардың дәмдік және қоректік ерекшеліктерін кондитерлік өнімдерде қолдану – бұл тек тағамдардың ассортиментін кеңейтіп қана қоймай, сонымен бірге бақша дақылдарының шығынын азайтуға мүмкіндік береді [5].

Кептірілген өнімдер – бұл ұзақ сақтау мерзімі мен пайдалы қасиеттерін сақтауға мүмкіндік беретін өнімдер. Кептіру процесі өнімдердегі ылғалдың буланып кетуін қамтамасыз етіп, микроорганизмдердің өсуін тежейді, сол арқылы өнімнің бұзылуын алдын алады [6]. Кептірілген өнімдердің бірнеше маңызды артықшылықтары бар: біріншіден олар ұзақ уақыт бойы сақталады. Екіншіден, кептірілген өнімдер тасымалдауға ыңғайлы және жеңіл болады. Ылғал көлемі азайғандықтан өнімдер көлемі мен салмағы жағынан айтарлықтай жеңілдейді, бұл оны сақтау мен тасымалдауды жеңілдетеді. Үшіншіден, кептірілген өнімдер қоректік заттардың көп бөлігін сақтап қалады [7,8]. Витаминдер, минералдар мен басқа да пайдалы элементтер кептіру процесінде жоғалмайды, сондықтан бұл өнімдер әлі де денсаулыққа пайдалы болып қала береді [9].

Бұл зерттеу бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштерін зерттеуге бағытталған. Ғылыми жұмыс барысында бақша дақылдарынан ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің рецептуралары мен технологиялары әзірленді. Жаңа рецептуралар мен технологиялар халықты сапалы және табиғи тағам өнімдерімен қамтамасыз етуге ғана емес, сонымен қатар ауыл шаруашылығы мен тағам өндірісінің жаңа бағыттарын дамытуға үлес қосады. Ұсынылатын технологиялар қарбыз

бен қауынның ерекшеліктерін ескере отырып, олардың дәмдік және тағамдық қасиеттерін максималды түрде сақтауға бағытталған. Бұл жұмыстың нәтижелері кондитерлік өнеркәсіпке инновациялық серпін беріп, ұзақ сақталатын табиғи өнімдерге деген сұранысты қанағаттандыруға ықпал етеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қарбыз және қауыннан алынған кондитер өнімдері рецептурасы бойынша негізгі шикізатқа қосымша құрам бөліктер қосылып, қайнатылып және формаға келтіріліп (дөңгелек), кептіру процестері арқылы алынғандықтан оларға «құрт» деген атау берілді.

Алынған жаңа өнім үлгілерінің микробиологиялық, физика-химиялық және тағамдық құндылығын зерттеу «АТУ» АҚ, «Тамақ қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтында» жүргізілді. Кептіру процесінің негізгі параметрлері: температура 55-65°С, кептіру уақыты 10-12 сағат, соңғы ылғалдылық деңгейі 10-12%. Зерттеу барысында қарбыз және қауын негізіндегі жаңа рецептуралармен дайындалған өнімдер қарастырылды: «Қарбыз құрт» және «Қауын құрт».

Үлгілерді зерттеу кезінде алынған физикалық-химиялық көрсеткіштер (МЕМСТ 5900-2014, МЕМСТ 34551-2019, МЕМСТ 5903-89, МЕМСТ 31902-2012), микробиологиялық көрсеткіштер бойынша зерттеулер (МЕМСТ Р 54635-2011 М-04-41-2005), дәрумендер (соның ішінде А, B_1, B_2, B_3, B_5, B_6 дәрумендері – МЕМСТ 24556-89), минералды заттар, соның ішінде кремний – спектрофотометриялық әдіс бойынша жүргізілді [10-12].

Зерттеу нәтижелері. Қарбыз бен қауыннан әзірленген кептірілген кондитерлік өнімдер – сақтау мерзімінің ұзақтығы, тасымалдауға қолайлылығы және дәмдік қасиеттерінің тұрақтылығымен ерекшеленетін жаңа тағам түрлері әзірленді (1-кесте) Рецептура патентпен қорғалған [13].

Кесте 1

«Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» өнімдерінің рецептурасы

№	Шикізат атауы	№1 үлгі	№2 үлгі	№3 үлгі	№4 үлгі
1	қауын	90%	-	85%	-
2	қарбыз	-	90%	-	85%
3	ұн	5%	5%	10%	10%
4	қант	5%	5%	5%	5%

1-ші кестеде көрсетілген рецептура арқылы алынған өнім «Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» деп аталды. Келесі рецептуралар бойынша кондитер өнімдері әзірленіп, №3 және №4 үлгілерден өте жақсы сападағы өнімдер алынды.

Жаңа рецептура бойынша әзірленген ұзақ сақталатын кондитерлік өнім үлгілерінің сапа көрсеткіштерін зерттеу барысында, бірнеше ай сақталғаннан кейінгі олардағы өнімнің бұзылуына алып келетін және адам ағзасына зиянды микроорганизмдер анықталды, зерттеу нәтижесі келесі кестеде көрсетілген (2-кесте).

Кесте 2

«Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» өнімдерінің микробиологиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	«Қарбыз құрт»	«Қауын құрт»	Рұқсат етілген норма
Зең (КОЕ/г)	Табылмады	Табылмады	<10
Ашытқылар (КОЕ/г)	6	3	≤50

«Қарбыз құрт» және «Қауын құрт» өнімдерінде де зеңнің болмауы өнімдердің жоғары санитарлық талаптарға сай дайындалғанын көрсетеді. Ашытқылар деңгейі өнімнің органолептикалық қасиеттерін төмендетпейді және адам ағзасына зиянсыз рұқсат етілген нормалар аясында болды.

Қарбыз бен қауыннан алынған жаңа өнім үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштері бойынша олардағы құрғақ зат мөлшері және тағамдық құндылығы, яғни, ақуыз, көмірсу, май мөлшері анықталды (3-кесте).

Кесте 3

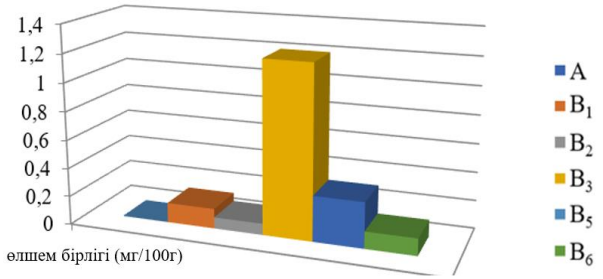
«Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	«Қарбыз құрт»	«Қауын құрт»
Құрғақ заттар, %	13,39	14,62
Ақуыз, %	4,64	4,38
Көмірсулар, %	43,67	44,32
Май, %	0,25	0,49
Энергетикалық құндылығы, ккал (кДж)	174,39 (729,71)	177,84 (743,99)

«Қарбыз құрт» және «Қауын құрт» өнімдерінің тағамдық құндылығы бойынша салыстырмалы түрде, ақуыз мөлшері екі өнімде де ұқсас деңгейде, ал көмірсулардың мөлшері «Қауын құрт» өнімінде жоғары. Майдың мөлшері екі өнімде де айтарлықтай көп емес. Жалпы, екі өнім де қоректік заттардың теңгерімді құрамымен ерекшеленеді, бірақ «Қауын құрт» өнімінде көмірсулар мен майдың мөлшері «Қарбыз құрт» өнімімен салыстырымалы түрде жоғары.

Қарбыз бен қауыннан алынған жаңа өнім үлгілерінің энергетикалық құндылығы анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша, «Қарбыз құрт» өнімінің энергетикалық құндылығы – 174,39 ккал (729,71 кДж), ал «Қауын құрт» өнімінің энергетикалық құндылығы – 177,84 ккал (743,99 кДж). Қауын құрттың энергетикалық құндылығы қарбыз құртқа қарағанда аздап жоғары деңгейде екені көрінеді. Қауын құрт құрамы тәттілігі мен калориясының жоғары болуымен ерекшеленеді. Ол денсаулыққа пайдалы және энергия көзі ретінде жақсы қызмет атқара алады.

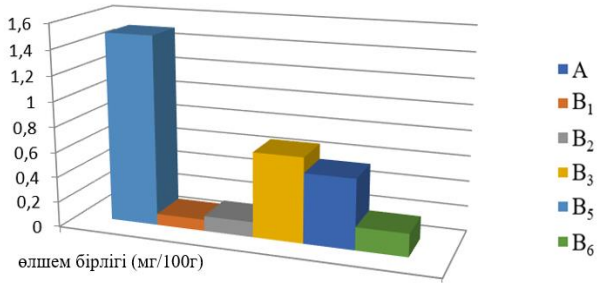
Қауын мен қарбыз дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитер өнімдерінің құрамындағы А витамині мен В тобындағы витаминдер мөлшері зерттелді. Зерттеу нәтижесі диаграмма түрінде көрсетілді. «Қауын құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендердің мөлшері әртүрлі деңгейде кездесетіні келесі диаграммадан көрінеді (1-сурет).



Сурет 1. «Қауын құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендер мөлшері

Диаграммадан «Қауын құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендерден ең көп мөлшерде кездесетін дәрумен – B_3 (ниацин) екені көрінеді. Яғни, бұл дәрумен қауынның табиғи құрамында молынан кездесетінін және өңдеу кезінде жақсы сақталатынын көрсетеді. Ал басқа дәрумендердің орташа деңгейдегі мөлшері өңдеу кезінде жоғалуымен байланысты болуы мүмкін. «Қауын құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендердің жалпы деңгейі оның пайдалы қасиеттерін көрсетеді, әсіресе B_3 дәруменінің жоғары болуы өнімнің тағамдық құндылығын арттырады. «Қауын құрт» құрамында B_3 дәрумені жоғары, бұл оның энергетикалық алмасуды жақсартуға көмектесетінін көрсетеді. Ал «Қарбыз құрт» өнімінде А дәрумені көп мөлшерде сақталған, бұл оның антиоксиданттық қасиеттерін арттырады.

«Қарбыз құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендердің мөлшері әртүрлі деңгейде кездесетіні келесі диаграммадан көрінеді (2-сурет).



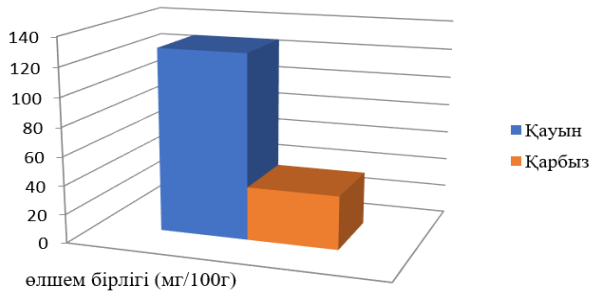
Сурет 2. «Қарбыз құрт» өнімінің құрамындағы дәрумендер мөлшері

Диаграммадан бұл өнімде А дәрумені ең көп мөлшерде болатыны байқалады, ал В дәрумендері (B_1, B_2, B_3, B_5, B_6) салыстырмалы түрде аз мөлшерде кездеседі, алайда сол аз мөлшердің өзі адам ағзасына қуат беріп, иммунитеттің қалыптасуына әсер ететінін ескерсек, қарбыз құрттың өте пайдалы, дәрумендердің маңызды көзі болатын және адамның денсаулығына оң әсер ететін өнім екенін көрсетеді.

Кремний – адам ағзасы үшін қажетті маңызды микроэлементтердің бірі [14]. Ол тағам өнімдерінде табиғи түрде кездеседі және денсаулықты сақтау мен жақсарту үшін ерекше рөл атқарады [15]. Кремний адам ағзасында маңызды функцияларды орындайды, және де ол микроэлемент болғандықтан аз мөлшерде қажет. Кремний ағзада ас қорыту жүйесінің дұрыс жұмыс істеуіне көмектеседі, сондай-ақ жүрек-қан тамырлары жүйесіне де пайдалы әсер етеді [16].

Минералды заттардан қауыннан және қарбыздан жасалған өнімдердің құрамындағы кремний мөлшері салыстырылып, диаграмма түрінде берілген (3-сурет).

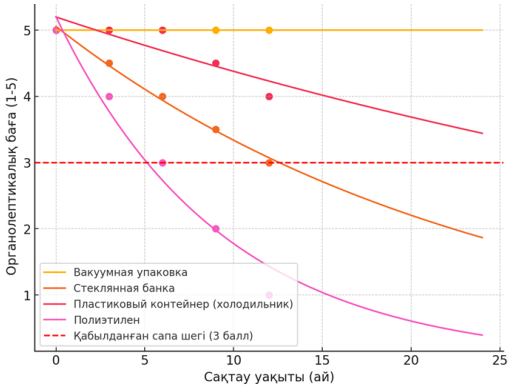
Қауын құртта кремнийдің мөлшері қарбыз құртына қарағанда айтарлықтай жоғары, бұл оның ағзадағы коллаген өндірісін арттырып, терінің серпімділігі мен жастығын сақтауға көмектеседі[15]. Бұдан бөлек, бұл элемент қандағы холестерин деңгейін төмендетуге, жүрек-қан тамырлары ауруларының алдын алуға әсер ететіндігінің арқасында пайдалы екенін көрсетеді[17].



Сурет 3. «Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» өнімдерінің құрамындағы кремнийдің мөлшері»

Өнімдердің сақтау мерзімі мен сапасының өзгеру динамикасын зерттеу барысында әртүрлі қаптама түрлерінің тиімділігі бағаланды. Әрбір қаптама материалы өнімнің ылғалдылығына, құрылымына және органолептикалық көрсеткіштеріне әртүрлі әсер етеді. Осыған байланысты, өнімнің сапасын сақтау мерзімін болжап, ең тиімді сақтау шарттарын анықтау үшін сақтау уақыты мен сапаның өзгеруін сипаттайтын кинетикалық модельдер жасалды.

4-сурет өнімдердің әртүрлі сақтау жағдайларында органолептикалық бағалау шкаласы бойынша сапасының өзгеру динамикасын көрсетеді. Графиктен вакуумдық қаптаманың өнім сапасын сақтаудағы тиімділігі айқын көрінеді, ал полиэтилен қаптамада сақтау өнімнің құрылымына жылдам кері әсер етеді. Бұл нәтижелер сақтау әдісін дұрыс таңдаудың маңыздылығын көрсетеді және ұзақ сақталатын өнімдерді өндіру технологияларын оңтайландыруға негіз болады.



Сурет 4. Әртүрлі сақтау жағдайларындағы өнім сапасын өзгеруі

Бұл графикте әртүрлі сақтау жағдайларында өнім сапасының өзгеру динамикасы көрсетілген. Горизонталь ось (X) сақтау уақыты (ай), ал вертикаль ось (Y) органолептикалық бағалау шкаласы (1-5 балл). Әрбір сызық белгілі бір сақтау түрін білдіреді:

Вакуумдық қаптама – сапасын толықтай сақтайды, ешқандай өзгеріс байқалмайды.

Пластикалық контейнер (тоңазытқыш) – сапасы аздап төмендегенімен, ұзақ уақыт сақтауға жарамды.

Шыны банка (бөлме температурасы) – 9-12 айдан кейін өнім құрылымы өзгеріп, сапасы төмендейді.

Полиэтилен қаптама – тез ылғал жоғалтады, 6 айдан кейін сапасы күрт нашарлайды. График Python тілінде Matplotlib кітапханасы арқылы жасалған.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. 1-кестеде «Қауын құрт» және «Қарбыз құрт» өнімдерінің рецептуралары көрсетілген. Кестедегі рецептуралар бойынша әр түрлі үлгілер дайындалды. №1 және №2 үлгілерде 90% қауын және қарбыз пайдаланылса, №3 және №4 үлгілерде 85% қауын мен қарбыз және ұн мен қант мөлшері бірдей болды. Зерттеу нәтижесінде №3 және №4 үлгілерінен жоғары сападағы өнімдер алынды.

2-кестеде өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігі туралы мәліметтер ұсынылған. Нәтижелер көрсеткендей: Зең (КОЕ/г) екі өнімде де анықталмаған, бұл олардың өндірісінің санитарлық нормаларға сай екенін дәлелдейді. Ашытқылар деңгейі «Қарбыз құрт» өнімінде (6 КОЕ/г) «Қауын құрт» өніміндегі мәнінен (3 КОЕ/г) жоғары, бұл оның ылғалдылық деңгейі мен сақтау шарттарына байланысты болуы мүмкін. Дегенмен, ашытқы деңгейлері рұқсат етілген нормалар шегінде.

Бұл өнімдердің сақтау мерзімі ұзақ және микробиологиялық қауіпсіздігі жоғары екенін көрсетеді. Бұл нәтижелер зерттеулерімен сәйкес келеді, онда табиғи кептіру әдістері өнім қауіпсіздігін қамтамасыз ететіні көрсетілген.

3-кестеде «Қарбыз құрт» және «Қауын құрт» өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері сипатталған. Нәтижелер көрсеткендей: Қауын құрт құрамында көмірсулар (44,32%) және май (0,49%) мөлшері жоғары, бұл оның энергетикалық құндылығын (177,84 ккал) арттырады. Бұл қауын құрамындағы табиғи қанттардың көп болуымен түсіндіріледі. Қарбыз құрт құрамындағы ақуыз мөлшері (4,64%) сәл жоғары, бұл оның аминқышқылдық құрамының ерекшеліктерімен байланысты.

Осылайша, «Қауын құрт» өнімінің энергетикалық құндылығы жоғары болса, «Қарбыз құрт» өнімінің құрамында ақуыз көп, бұл оны қоректік тұрғыдан маңызды етеді.

1-сурет және 2-сурет өнімдердің дәрумендік құрамын сипаттайды. «Қауын құрт» өнімінде B_3 (ниацин) дәрумені көп мөлшерде (1-сурет). Бұл дәрумен ағзадағы метаболизм процестерін реттеуге көмектеседі және жасушалардың энергия өндіруіне әсер етеді. «Қарбыз құрт» өнімінде А дәрумені жоғары деңгейде анықталды (2-сурет). Бұл оның антиоксиданттық қасиеттерін күшейтіп, көздің көру қабілеті мен иммундық жүйенің қызметін жақсартады.

Осы нәтижелер көрсеткендей, «Қауын құрт» энергия көзі ретінде тиімді, ал «Қарбыз құрт» антиоксиданттық қасиеттері бар пайдалы өнім болып табылады. Нәтижелер зерттеуіндегі бақша дақылдарының дәрумендік құрамымен сәйкес келеді.

3-суретте берілген өнімдердің минералдық құрамындағы айырмашылықтарды сипаттайды. «Қауын құрт» құрамында кремний мөлшері жоғары, бұл тері серпімділігін жақсартады, сүйек және буын жүйесінің саулығын сақтауға көмектеседі. «Қарбыз құрт» құрамында калий көп, бұл жүрек-қан тамырлары жүйесіне оң әсер етеді және бұлшықет қызметін жақсартады. Бұл мәліметтер зерттелген өнімдердің функционалдық тағам ретінде маңыздылығын дәлелдейді.

Сақтау шарттары зерттелген өнімдердің тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлардың бірі болды. Нәтижелер көрсеткендей, вакуумдық

қаптамада сақталған өнімдер сапасын толықтай сақтады және ылғал жоғалтпады. Пластикалық контейнерде тоңазытқышта сақталған үлгілер, сондай-ақ шыны банкада бөлме температурасында сақталған өнімдер 1 жыл бойы сапасын жоғалтпаған, алайда пластикалық және шыны қаптамаларда ылғалдың біршама жоғалуы байқалды. Полиэтилен қаптамада сақталған үлгілерде 6 айдан кейін құрылымдық өзгерістер байқалып, өнім қатайып кеткен.

Жалпы, өнімдердің ұзақ мерзімді сақталуын қамтамасыз ететін ең тиімді әдіс вакуумдық қаптама болып табылады, ал тоңазытқышта пластикалық контейнерде сақтау да сапаны ұзақ мерзімде ұстап тұруға мүмкіндік береді. Осы мәліметтер сақтау әдісін дұрыс таңдаудың маңыздылығын көрсетеді және ұзақ сақталатын өнімдерді өндіру технологияларын оңтайландыруға негіз болады

Қорытынды. Қарбыз және қауыннан жаңа кондитер өнімдерін әзірлеу үшін бақша дақылдарының табиғи қасиеттерін сақтап, олардың ұзақ мерзім бойы сақталуына мүмкіндік беретін тиімді кептіру әдісі ұсынылады. Жаңа рецептура бойынша әзірленген қарбыз бен қауын жасалған кондитер өнімдерінің физика-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштеріне зерттеулер жүргізілді.

Бұл зерттеуде бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштері зерттелді. Алынған нәтижелер келесі негізгі тұжырымдарды жасауға мүмкіндік береді:

Микробиологиялық тұрғыдан өнімдер қауіпсіз, зең мен зиянды микроорганизмдер анықталмаған.

Тағамдық және энергетикалық құндылығы жоғары: «Қауын құрт» көмірсу мен кремний мөлшері бойынша жоғары, ал «Қарбыз құрт» А дәруменінің көбірек болуымен ерекшеленеді.

Сақтау шарттары маңызды рөл атқарады: вакуумдық қаптама ең тиімді әдіс болып табылады, ал полиэтилен қаптамада 6 айдан кейін өнім сапасы айтарлықтай төмендейді.

Зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығы өнімдерін тиімді қайта өңдеуге және тағам өнеркәсібіне инновациялық өнімдерді енгізуге ықпал етеді.

Осылайша, бақша дақылдарынан алынған ұзақ сақталатын кондитерлік өнімдер халықтың дұрыс тамақтануын қамтамасыз етуге және ауыл шаруашылығы өнімдерін тиімді пайдалануға үлес қосады. Бұл зерттеу нәтижелері тағам өнеркәсібінде жаңа технологияларды дамытуға және сақтау әдістерін оңтайландыруға негіз болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Смагул, Ж.Е. Разработка рецептур кондитерских изделий из бахчевых культур [Текст] / Ж.Е. Смагул, Л.С. Сыздыкова, Д.А. Тлевлесова // Материалы международной научно-практической конференции БашГАУ, 2024. – С. 231-234.
2. Лущиц, Т.Е. Тыквенные: тыква, кабачки, патиссоны, арбуз, дыня [Текст] / Т.Е. Лущиц. – Мн.: Книжный дом, 2015. – 84 с.
3. Manchali, S., Chidambara Murthy K.N., Patil B.S. Nutritional composition and health benefits of various botanical types of melon (Cucumis melo L.) // Plants. – 2021. – No. 10(9). – P. 1755.
4. Державин, А.Б. Оценка качества кондитерских изделий на основе фруктово-овощного сырья [Текст] / А.Б. Державин, Н.С. Никулина // Научные труды КубГАУ. – 2021. – № 87(3). – С. 47-54.

5. Petrenko Yu., Tlevlessova D., Syzdykova L., Kuzembayeva G., Abdiyeva K. Development of technology for the production of Turkish delight from melon crops on a natural base // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 3. – No. 11 (117). – P. 6-18.
6. Iztaev A. et al. Research of phys cal and mechanical properties, chemical composition and safety of melon variety “Torpedo” // Food processing industry. – 2021. – P. 88-91.
7. Нұрымханова, Ш.Т. Жеміс-жидек және бақша дақылдары негізінде жаңа өнім түрлерін өндіру [Мәтін] / Ш.Т. Нұрымханова. – Түркістан: Қожа Ахмет Ясауи атындағы ХҚТУ баспасы, 2021. – 128 б.
8. Бақытжанұлы, С. Жеміс-жидек өнімдерінің сақтау ерекшеліктері [Мәтін] / С. Бақытжанұлы. – Шымкент: ОҚМУ баспасы, 2019. – 140 б.
9. Григорьева, Е.А. Кептіру технологиясы және оның өнімдердегі микробиологиялық көрсеткіштерге әсері [Мәтін] / Е.А. Григорьева, А.П. Смирнов, Н.В. Иванов // Азық-түлік өнімдері мен технологиясы. – 2019. – № 2. – Б. 73-79.
10. ГОСТ 31721-2012. Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері [Мәтін]. – [?]. – Мәскеу: Стандартинформ, 2013. – 14 б.
11. ГОСТ 31986-2012. Тамақ өнімдері. Минералды заттардың құрамын анықтау әдістері [Мәтін]. – [?]. – Мәскеу: Стандартинформ, 2014. – 22 б.
12. ГОСТ 34308-2017. Құрғақ сүт өнімдері. Техникалық шарттар [Мәтін]. – [?]. – Мәскеу: Стандартинформ, 2017. – 18 б.
13. Сыздықова, Л.С. Қауыннан кондитерлік өнім жасау тәсілі [Мәтін] / Л.С. Сыздықова, К.М. Абдиева, Д.А. Тлевлесова, Ж.Е. Смағұл // патент № 37033 Қазақстан Республикасы. 2024. [?].
14. Alimardanova M., Tlevlessova D., Syzdykova L., Abdiyeva K., Petrenko E., Brindyukova, A. Trends in the development of the processing of melons and gourds // ScienceRise: Innovative technologies in industry. – 2023. – Vol. 1. – P. 35-47.
15. Brindyukova A., Yerenova B., Syzdykova L., Abdiyeva K., Tlevlessova D. Development of technology for the production of useful jelly candies from cucurbit crops on a natural basis // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol. 3. – No. 11 (123). – P. 60-67.
16. Мартынова, Е.П. Разработка новых видов продуктов с использованием плодоовощного сырья [Текст] / Е.П. Мартынова. – СПб.: Лань, 2018. – 280 с.
17. Тұрсынбекова, Ж.А. Тамақ өнеркәсібіндегі инновациялық технологиялар [Мәтін] / Ж.А. Тұрсынбекова. – Астана: Фолиант, 2023. – 230 б.

Материал редакцияға 26.11.24 түсті, 21.03.25 қабылданды.

Ж.Е. Смагул[1], Л.С. Сыздыкова[1], Д.А. Тлевлесова[1], К.М. Абдиева[1], Р. Сабит[1]

[1]Алматинский Технологический Университет, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ИЗ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В данном исследовании изучены показатели качества длительно хранящихся кондитерских изделий, изготовленных из бахчевых культур по запатентованной рецептуре. Определены физико-химические, микробиологические свойства и пищевые ценности традиционного казахского продукта «қауынқұрт» и инновационного продукта «қарбызқұрт». В ходе исследования установлено, что содержание сухих веществ в продуктах составляет 13,39-14,62%, доля белка 4,38-4,64%, углеводов 43,67-44,32%, жира 0,25-0,49%, а энергетическая ценность 174,39-177,84 ккал (729,71-743,99 кДж). Микробиологические исследования показали отсутствие плесени и допустимый уровень дрожжевых грибков. В продукте «Қауын

құрт» выявлено высокое содержание витамина В3 и кремния, оказывающих положительное влияние на здоровье костей, суставов и кожи. Продукт «Қарбыз құрт» содержит большое количество витамина А, что усиливает его антиоксидантные свойства. Изготовленные продукты тестировались в течение 1 года в различных условиях хранения. В пластиковых контейнерах и стеклянных банках наблюдалась потеря влаги и уплотнение структуры. Продукты, хранившиеся в вакуумной упаковке, сохранили качество и не потеряли влагу. В целом, это исследование способствует эффективной переработке сельскохозяйственной продукции, внедрению инновационных и полезных продуктов в пищевую промышленность, а также обеспечению правильного питания населения.

Ключевые слова: бахчевые культуры, арбуз, дыня, длительно хранящиеся продукты, рецептуры, технологии, пищевая ценность.

Zh.E. Smagul[1], L.S. Syzdykova[1], D.A. Tlevlessova[1], K.M. Abdiyeva[1], R. Sabit[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH OF THE QUALITY OF CONFECTIONERY PRODUCTS OF LONG-TERM STORAGE FROM MELON CROPS

Abstract. This study examines the quality indicators of long-shelf-life confectionery products made from melon crops based on a patented recipe. The physico-chemical, microbiological properties, and nutritional values of the traditional Kazakh product “Qauyn qurt” and the innovative product “Qarbiz qurt” were determined. The study found that the dry matter content of the products ranges from 13.39% to 14.62%, protein content 4.38-4.64%, carbohydrates 43.67-44.32%, fat 0.25-0.49%, and energy value 174.39-177.84 kcal (729.71-743.99 kJ). Microbiological studies confirmed the absence of mold and the permissible level of yeast. The “Qauyn qurt” product contains high amounts of vitamin B3 and silicon, which positively impact bone, joint, and skin health. The “Qarbiz qurt” product is rich in vitamin A, enhancing its antioxidant properties. The manufactured products were tested under various storage conditions for 1 year. Moisture loss and structural hardening were observed in plastic containers and glass jars. The samples stored in vacuum packaging retained their quality and did not lose moisture. Overall, this study contributes to the efficient processing of agricultural products, the introduction of innovative and functional foods into the food industry, and the promotion of a healthy diet for the population.

Keywords: melon crops, watermelon, melon, long-shelf-life products, formulations, technologies, nutritional value.

References

1. Smagul ZH.Ye., Syzdykova L.S., Tlevlesova D.A. Razrabotka retseptur konditerskikh izdeliy iz bakhchevykh kul'tur [Development of recipes for confectionery products from melons] // Proceedings of the international scientific and practical conference of BashSAU, 2024. – P. 231-234. [in Russian].
2. Lushchits, T.Ye. Tykvennyye: tykva, kabachki, patissony, arbuz, dynya [Cucurbitaceae: pumpkin, zucchini, squash, watermelon, melon]. – Mn.: Knizhnyy dom [Book House], 2015. – 84 p. [in Russian].
3. Manchali S., Chidambara Murthy K.N., Patil B.S. Nutritional composition and health benefits of various botanical types of melon (Cucumis melo L.) // Plants. – 2021. – No. 10(9). – P. 1755.
4. Derzhavin A.B., Nikulina N.S. Otsenka kachestva konditerskikh izdeliy na osnove fruktovo-ovoshchnogo syr'ya [Quality assessment of confectionery products based

on fruit and vegetable raw materials] // Nauchnyye trudy KubGAU. – 2021. – № 87(3). – P. 47-54. [in Russian].

5. Petrenko Yu., Tlevlessova D., Syzdykova L., Kuzembayeva G., Abdiyeva K. Development of technology for the production of Turkish delight from melon crops on a natural base // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 3. – No. 11 (117). – P. 6-18.
6. Iztaev A. et al. Research of phys cal and mechanical properties, chemical composition and safety of melon variety “Torpedo” // Food processing industry. – 2021. – P. 88-91.
7. Nūrymkhanova, SH.T. Zhemis-zhidek zhane baksha dakyldary negizinde zhana onim túrlerin ondiru [Development of new types of products based on fruits and melons]. – Turkistan: Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University Publishing House, 2021. – 128 p. [in Kazakh].
8. Bakytzhanuly, S. Zhemis-zhidek onimderinin saktau erekshelikteri [Storage features of fruit and melon products]. – Shymkent: South Kazakhstan State University Publishing House, 2019. – 140 p. [in Kazakh].
9. Grigor'yeva Ye.A., Smirnov A.P., Ivanov N.V. Keptiru tekhnologiyasy zhane onyn onimderdegi mikrobiologiyalyk korsetikshterge aseri [Drying technology and its effect on the microbiological parameters of products] // Food Products and Technologies. – 2019. – No. 2. – P. 73-79. [in Russian].
10. GOST 31721-2012. Süt zhəne süt önímderí. Mikrobiologiyalyk¸ taldau ədísterí [Milk and dairy products. Methods of microbiological analysis]. – [?]. – Moscow: Standartinform, 2013. – 14 b. [in Russian].
11. GOST 31986-2012. Tamak¸ önímderí. Mineraldy zattardyň k¸ūramyn anyk¸tau ədísterí [Food products. Methods for determining the content of mineral substances]. – [?]. – Moscow: Standartinform, 2014. – 22 b.
12. GOST 34308-2017. K¸ūrġak¸ süt önímderí. Tekhnikalyk¸ sharttar [Dry milk products. Technical conditions]. – [?]. – Moscow: Standartinform, 2017. – 18 b. [in Russian].
13. Syzdykova L.S., Abdiyeva K.M., Tlevlessova D.A., Smagul Zh.E. K¸auynnan konditerlík öním zhasau təsílí [Method for producing confectionery from melon] // patent № 37033 Republic of Kazakhstan. 2024. [?]. [in Russian].
14. Alimardanova M., Tlevlessova D., Syzdykova L., Abdiyeva K., Petrenko E., Brindyukova A. Trends in the development of the processing of melons and gourds // ScienceRise: Innovative technologies in industry. – 2023. – Vol. 1. – P. 35-47.
15. Brindyukova A., Yerenova B., Syzdykova L., Abdiyeva K., Tlevlessova D. Development of technology for the production of useful jelly candies from cucurbit crops on a natural basis // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol. 3. – No. 11 (123). – P. 60-67.
16. Martynova, Ye.P. Razrabotka novykh vidov produktov s ispol'zovaniyem plodoovoshchnogo syr'ya [Development of new types of products using fruit and vegetable raw materials]. – Saint Petersburg: Lan, 2018. – 280 p. [in Russian].
17. Tursynbekova, Zh. A. Tamak onerkasibindegi innovatsiyalyk tekhnologiyalar [Innovative technologies in the food industry]. – Astana: Foliant, 2023. – 230 p. [in Kazakh].

ҒТАМР 65.09.03

П.М. Маликтаева[1] – *негізгі автор*,
К.Ш. Саржанова[2], А.Б. Мынбаева[3], Ш.Д. Умирбаева[4]

[1]Техн. ғылым. канд., [2,3]Техн. ғылым. канд., доцент, [4]Инженер

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-1251-811X [2]https://orcid.org/0009-0005-9898-8794*
[3]https://orcid.org/0000-0002-3799-2686 [4]https://orcid.org/0009-0009-1614-4184

[1,2]Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3,4]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]Sakosh_78@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/EJVR4716

АШЫМЫҚТЫҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ САНЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мемлекетімізде ұлттық азық-түлік тағамдарын өндіруге көп көңіл бөлініп келеді. Өйткені мұндай тағамдардың тағамдық, тұтыну қасиеттері жоғары, оларды дайындау қарапайымдылығымен және уақытты аз алатындығымен ерекшелінеді. Қышқылсүт бактериялары ағзада қылтамақ клеткаларымен қарсы күресетін интерферонның түзілуін жолға қоятыны мамандарға бұрыннан белгілі. Сондықтан онкологиялық аурулардың алдын алу үшін қышқылсүт өнімдері жиі қолдану табуда. Бұл жұмыста ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруі зерттелді. Excel орталығын қолдана отырып ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруін сипаттайтын теңдеулер алынды.

Тірек сөздер: ашымық, қышқылдық саны, айран, регрессия, сусын.

Маликтаева, П.М. Ашымықтың қышқылдық санын анықтау [Мәтін] / П.М. Маликтаева, К.Ш. Саржанова, А.Б. Мынбаева, Ш.Д. Умирбаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.74-79. https://doi.org/10.55956/EJVR4716

Кіріспе. Дән шикізаттарынан жасалатын қышқыл сүт сусындарының пайдасы зор, өйткені ол іштегі зиянды микрофлораны жойып, адам ағзасын қажетті дәрумендер мен микроэлементтермен қамтамасыз етеді [1].

Айран мен дәнді дақыл қосылып аши келе жағымды қышқыл дәм береді. Оны ашымық деп атайды. Қышқыл сусын бауырға, жүрекке пайдалы. Ашымық – шөл қандыратын сусын, әрі тоқ басатын тағам. Ашымықтың қышқылдық саны ұлттық қышқыл сүт сусынының негізгі сапалық көрсеткіштерінің бірі болып саналады. Сондықтан оның уақытқа байланысты өзгеруін анықтау өзекті мәселеге жатады.

Сақтау кезеңінде ашымықтың химиялық құрамының өзгеруін бақылау кең тараған негізгі физикалық-химиялық көрсеткіш – қышқылдық сан (Тернер градусы бойынша) арқылы жүзеге асырылады.

Сақтау уақыты ұзарған сайын ашымықтың қышқылдық саны өседі. Мұны сүтқышқылды микроорганизмдердің сүт қантын ыдыратып, сүт және басқа қышқылдарды түзіп, олардың ашымықтың қышқылдық санын өсіретіндігімен түсіндіруге болады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жұмыстың мақсаты – тиімді температурада ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруін анықтау.

Зерттеу әдістемесі Excel бағдарламасын қолдана отырып ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруін сипаттайтын теңдеулер алу.

Жұмыстың нысаны – арпаның қауызынан аршылып ажарланған дәні мен айраннан жасалған ашымық. Ашымыққа қосылған «Меркі» айранының сапалық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Айранның сапалық көрсеткіштері

Майлылығы, %	Қышқылдылығы, ^{0}Т	Ақуызы, г	Көмірсутектері, г	Энергетикалық құндылығы, ккал
2,5	7,5	2,9	3,9	53

Ұйытқы ретінде *Streptococcus thermophilus, Bifidum longum B 379M, Lactobacillus helveticus* қышқыл-сүтті дақылдарының бірлестігі қолданылды. Ашымық ингредиенттерінің арақатынасы 2-кестеде келтірілген.

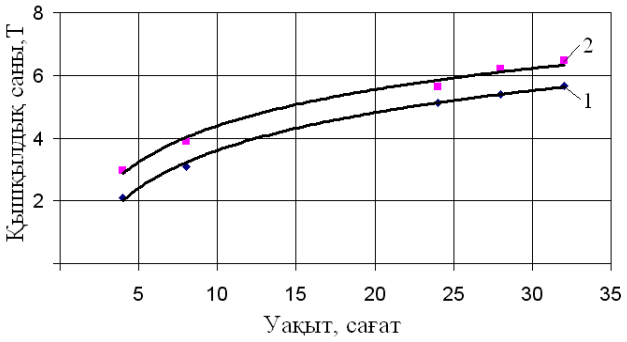
Кесте 2

Ашымық ингредиенттерінің арақатынасы

Ашымық ингредиенттері	Массасы, %
Пастерленген сүт	87-89
Арпаның қауызынан ажыратылған дәні	5-10
Ұйытқы	3-5

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 40°С температурада алынған зерттеу қорытындылары, яғни ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруі 1-суретте келтірілген. Суретте уақыттың ұлғаюына байланысты ашымықтың қышқылдық саны да өсіп отырғаны көрініп тұр.

Мысалы, сақтау барысында құрамында 30% айраны бар ашымықтың қышқылдық саны 5-35 сағат аралығында шамамен 2,7 есе өсті. Айранның ашымықтағы мөлшері: 1 – 30%; 2 – 40 %.



1 – 30%-дық айран қосылған қышқыл сүт сусыны ашымық; 2 – 40%-дық айран қосылған қышқыл сүт сусыны ашымық.

Сурет 1. Ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруі.

Айранның концентрациясының артуына байланысты қышқыл сүт сусыны ашымықтың саны да жоғарлайды. Сондай-ақ, зерттеу барысында қосылатын айран мөлшері де ашымықтың қышқылдық санының өзгеруіне әсер ететіні белгілі болды. Айран мөлшері 30%-дан 40%-ға жеткенде 24 сағат ішінде ашымықтың қышқылдық саны 10%-ға көбейді.

Белгілі технологиямен жасалынған ашымықтың қышқылдық санын халықаралық стандартқа сүйене отырып анықтадық [2,3]. 40% айран қосылған ашымық үшін алынған мәліметтерді статистикалық өңдеу қорытындылары 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Мәліметтерді статистикалық өңдеу қорытындылары
(40 % айран қосылған ашымық үшін)

Орташа	2,77	Орташа	2,97	Орташа	3,90
Стандартты қателік	0,033	Стандартты қателік	0,033	Стандартты қателік	0,058
Медиана	2,8	Медиана	3	Медиана	3,9
Мода	2,8	Мода	3	Мода	#Н/Д
Стандартты ауытқу	0,058	Стандартты ауытқу	0,058	Стандартты ауытқу	0,100
Таңдау дисперсиясы	0,003	Таңдау дисперсиясы	0,003	Таңдау дисперсиясы	0,010
Интервал	0,1	Интервал	0,1	Интервал	0,2
Минимум	2,7	Минимум	2,9	Минимум	3,8
Максимум	2,8	Максимум	3	Максимум	4
Қосындысы	8,3	Қосындысы	8,9	Қосындысы	11,7
Есебі	3	Есебі	3	Есебі	3
Үлкені (1)	2,8	Үлкені (1)	3	Үлкені (1)	4
Кішісі (1)	2,7	Кішісі (1)	2,9	Кішісі (1)	3,8
Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,143	Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,143	Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,248
Орташа	5,63	Орташа	6,20	Орташа	6,47
Стандартты қателік	0,033	Стандартты қателік	0,058	Стандартты қателік	0,088
Медиана	5,6	Медиана	6,2	Медиана	6,5
Мода	5,6	Мода	#Н/Д	Мода	#Н/Д
Стандартты ауытқу	0,058	Стандартты ауытқу	0,100	Стандартты ауытқу	0,153
Таңдау дисперсиясы	0,003	Таңдау дисперсиясы	0,010	Таңдау дисперсиясы	0,023
Асимметриялы ғы	1,732	Асимметриялы ғы	0,000	Асимметриялы ғы	-0,935
Интервал	0,1	Интервал	0,2	Интервал	0,3
Минимум	5,6	Минимум	6,1	Минимум	6,3
Максимум	5,7	Максимум	6,3	Максимум	6,6
Қосындысы	16,9	Қосындысы	18,6	Қосындысы	19,4
Есебі	3	Есебі	3	Есебі	3
Үлкені (1)	5,7	Үлкені (1)	6,3	Үлкені (1)	6,6
Кішісі (1)	5,6	Кішісі (1)	6,1	Кішісі (1)	6,3
Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,143	Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,248	Сенімділік деңгейі (95,0%)	0,379

Excel орталығын қолдана отырып ашымықтың қышқылдық санының *K* уақытқа *τ* байланысты өзгеруін сипаттайтын төмендегі теңдеулері алынды. 30% айран қосылған ашымық үшін:

$$K=1,7346Ln(\tau) – 0,385 \quad (1)$$

40 % айран қосылған ашымық үшін:

$$K=1,6653Ln(\tau) – 0,557 \quad (2)$$

Екі теңдеудің де көптік корреляция коэффициенті шамамен бірдей, яғни R^2=0,99. Демек бұл теңдеулер ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруін жоғары дәлдікпен сипаттайды.

30% айран қосылған ашымық үшін регрессиялық талдау қорытындылары 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

Регрессиялық талдау қорытындылары (30% айран қосылған ашымық үшін)

Регрессиялық статистика					
Көптік R	1,00				
R-квадрат	1,00				
Нормалы R-квадрат	1,00				
Стандартты қателік	0,09				
Бақылау	5				
Дисперсионды сараптама					
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Мәні F*
Регрессия	1	10,00	10,004	1336,00324	4,0392E-05
Қалдық	3	0,02	0,007		
Барлығы	4	10,03			
	Коэффи-циенттер	*Стан дартты қателік*	*t-статистика*	*P-мәні*	*Төменгі 95%*
Y-қиылысу	-0,3851	0,13	-2,889	0,06307065	-0,809414717
Айнымалы X	1,7346	0,05	36,551	4,0392E-05	1,583553219

Ұйытқы ретінде *Streptococcus thermophilus, Bifidum longum B 379M, Lactobacillus helveticus* қышқыл-сүтті дақылдары бірлестігі қолданылды.

24 сағат аралығында 40%-дық айран қосу арқылы жасалынған қышқыл сүт сусыны ашымықтың органолептикалық көрсеткіштері: дәмі – орташа ашыған, қышқыл сүтті; иісі – жақсы ашыған, дәнді дақылды; консистенциясы – бірқалыпты; түсі – крем түстес.

Айранның пайызы көтерілген сайын уақытқа байланысты қышқылдығы да айтарлықтай жоғарлады.

30%-дық айранды қосқан қышқыл сүт сусынының қышқылдығы 24 сағаттан кейін 5°Т болса, 40% пайыздық айранда бұл көрсеткіш 6°Т ға көтерілді. Мұндай өзгеріске сонымен қатар тәжірибе кезіндегі орта температурасы да елеулі әсер береді.

Қорытынды. Ұлттық қышқыл сүт сусыны ашымыққа жүргізілген тәжірибелер нәтижелерін есептеу үшін белгілі алгоритмдерге сүйене отырып арнаулы формулалар алынды. Excel орталығын қолдана отырып ашымықтың қышқылдық санының *K* уақытқа *τ* байланысты өзгеруін сипаттайтын теңдеулер алдынды. Екі теңдеудің де көптік корреляция коэффициенті шамамен бірдей, яғни R^2=0,99 құрайды. Демек бұл теңдеулер ашымықтың қышқылдық санының уақытқа байланысты өзгеруін жоғары дәлдікпен сипаттайды.

Адам өмірінің ұзақтығы мен денсаулығы құнарлы әрі дұрыс тамақтануына тікелей байланысты. Бұл мәселені шешу үшін дәстүрлі ұлттық өнімдер технологиясын жетілдіру, сонымен қатар жаңа заманға сай сапалы тағамдық өнімдерді өндіру қажет. Сондықтан, денсаулыққа пайдалы, профилактикалық қасиеттерге ие қышқыл сүт сусындарын ғылыми негізде жасау өзекті мәселе болып табылады.

Ашымықтың тағамдық бағалылығын, минералды және дәрумені құрамын есептеу үшін дербес компьютердегі Excel орталығында арнаулы формулалар жасалынды. Бұл болашақта ашымыққа дән қоспасының оңтайлы рецептурасын жасау үшін компоненттердің мөлшерлерін өзгерте отырып, барлық есептеулерді аз уақыт ішінде жүргізуге мүмкіндік туғызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Спандияров, Е. Линия для выработки кисломолочного напитка [Текст]: инф. листок N20-93 / Е. Спандияров, М.С. Сапаралиев. – Жамбыл: ЦНТИ, 1993. – 4 с.
2. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности [Текст]. – Введ. 01.01.94. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 7 с.
3. ГОСТ Р 47522-2001. Изделия молочные. Общие технические условия [Текст]. – [?].

Материал редакцияға 26.11.24 түсті, 11.03.25 қабылданды.

П.М. Маликтаева[1], К.Ш. Саржанова[1], А.Б. Мынбаева[2], Ш.Д. Умирбаева[2]

[1]Международный Таразский университет им. Ш. Муртазы, г. Тараз, Казахстан
[2]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Аннотация. В нашем государстве большое внимание уделяется производству национальных продуктов питания. Ведь такие продукты отличаются высокими пищевыми, потребительскими свойствами, простотой их приготовления и минимальными затратами времени. Специалистам давно известно, что кисловодородные бактерии налаживают в организме выработку интерферона, который борется с клиторальными клетками. Поэтому для профилактики онкологических заболеваний все чаще находят применение кисломолочные продукты. В данной работе изучалось изменение кислотного числа кисломолочного напитка с течением времени. С помощью центра Excel получены уравнения, описывающие изменение кислотного числа кисломолочного напитка с течением времени.

Ключевые слова: кисломолочный напиток, кислотное число, кефир, регрессия.

P.M. Maliktaeva[1], K.Ch. Sarzhanova[1], A.B. Mynbayeva[2], S.D. Umirbaeva[2]

[1]Sherkhan Murtaza International Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]M.Kh. DulatyTaraz University, Taraz, Kazakhstan

DETERMINATION OF THE ACID NUMBER OF FAIRED MILK DRINK

Abstract. In our country, great attention is paid to the production of national food products. Such products are characterized by high nutritional and consumer properties, simplicity of their preparation and minimal time expenditure. It has long been known to specialists that acidogenic bacteria stimulate the production of interferon in the body, which fights against cancer cells. Therefore, dairy products are increasingly used for the prevention of oncological diseases. This study examines the change in the acidity level of a fermented milk drink over time. Using Excel, equations were obtained that describe the change in the acidity level of the fermented milk drink over time.

Keywords: fermented milk drink, acid number, kefir, regression.

References

1. Spandiyarov Ye., Saparaliyev M.S. Liniya dlya vyrabotki kislomolochnogo napitka [Fermented milk drink production line]: inf. leaflet N20-93. – Zhambyl: CNTI, 1993. – 4 p. [in Russian].
2. GOST 3624-92. Moloko i molochnyye produkty. Titrimetricheskiye metody opredeleniya kislotnosti [Milk and dairy products. Titrimetric methods for acidity determination]. – Introduced 01.01.94. – Moscow: Standartinform, 2009. – 7 p. [in Russian].
3. GOST R 47522-2001. Izdeliya molochnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Dairy products. General specifications]. – [?]. [in Russian].

ҒТАМР 65.09.05

К.Ш. Саржанова[1] – *негізгі автор*,
П.М. Маликтаева[2], А.С. Боранкулова[3]

[1]Техн. ғылым. канд., доцент, [2]Техн. ғылым. канд., [3]PhD

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0005-9898-8794 [2]https://orcid.org/0000-0002-1251-811X [3]https://orcid.org/0000-0002-1229-753X*

[1,2]Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]sarzhanova50@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/VQSJ5522

ДӘННІҢ БЕТІН ӨҢДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ НЕГІЗІНДЕ НАННЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ

Аңдатпа. Нан өндірісінің дамуының қазіргі кезеңінде, еліміздің жекелеген аймақтарындағы экологиялық жағдайдың нашарлауына, ауыл шаруашылығында агротехникалық шаралардың қысқаруына байланысты шикізаттың микробиологиялық ластануының жоғарылауы жағдайында, өнім сапасы мәселелерін шешуге және оның микробиологиялық қауіпсіздігін арттыруға бағытталған технологияларды жетілдіру өзекті болып табылады. Жұмыста нан өнімдерінің микробиологиялық тазалығын тұрақтандыру және картоп ауруының алдын алу, ұн тарту алдында дәннің бетін тазалау процесін жетілдіру арқылы мүмкін болатыны ғылыми негізделіп, дәлелденген. Динамикалық жүктеу жағдайында астық бетін қарқынды өңдеу, қондырғының негізгі жұмыс органының кинематикалық параметрлеріне байланысты екендігі және бұл кезде технологиялық талаптарды қанағаттандыратын максималды әсерге қол жеткізілетіндігі анықталды.

Тірек сөздер: ұрып-үйкеу әдісі, микроорганизм, тұқымдану, бидай, ұн, нан, спора, бактерия.

Саржанова, К.Ш. Дәннің бетін өңдеу технологиясын жетілдіру негізінде нанның микробиологиялық қауіпсіздігін арттыру [Мәтін] / К.Ш. Саржанова, П.М. Маликтаева, А.С. Боранкулова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.80-87. https://doi.org/10.55956/VQSJ5522

Кіріспе. Еліміздің оңтүстік аудандарында бидай наны бүлінуінің ең негізгі себебі спора түзгіш *Bac. Mesentericus* (картоп таяқшасы) және *Bac. Subtilis* (пішен таяқшасы) бактериялары туғызатын «картоп ауруы». Бұл ауру өте күшті өз ферменттері әсерінен ақуыз және крахмалдың гидролизге түсуі салдарынан нанның ішкі жұмсағының бұзылуы арқылы сипатталады.

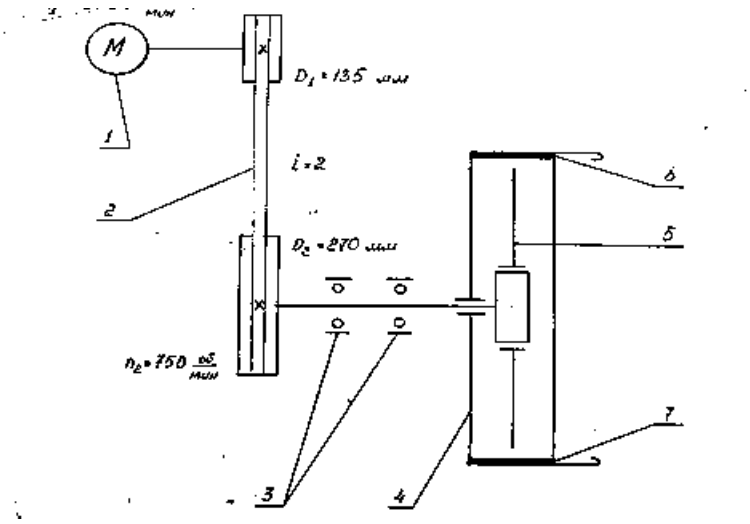
Диірмендерде қолданылатын дәнді тазалау және ұнтақтау әдістері барысында микроорганизмдердің едәуір бөлігі ұнға көшеді. Бидай дәнінің бетіндегі терең қыртысында, макро-және микро түтікшелері мен саңылауларында өте көп мөлшерде шаң-тозаң және микроорганизмдер жиналады. Әсіресе белсенді түрде микроорганизмдер дәннің ұрық клеткасында көбейе бастайды, себебі оның ылғалдылығы дәннің басқа

анатомиялық бөлімдеріне қарағанда әлдеқайда жоғары болады. Дәннің құрамындағы микроорганизмдердің саны мен ұнға тасымалданатын микроорганизмдер саны арасындағы айырмашылық ұнтақтау алдында жүргізілетін дәнің бетін тазарту процесіне байланысты. Сондықтан, дәннің бетін тазалау барысында тек дәннің максималды пайдаланылуы ғана емес, олардың микробиологиялық тұқымдануы да технологиялық процесті жүргізу талаптарына сәйкес болуы керек.

Жұмыстың мақсаты дәннің бетін әртүрлі жұмыс режимдерінде ұрып-үйкеу әрекетті эксперименталды қондырғыда өңдеу арқылы, оның микробиологиялық ластануын төмендету. Нандағы «картоп ауруы» бойынша астық бетін өңдеу әдістерінің тиімділігін анықтау мақсатында зерттеулер жүргізілді.

Бидай дәнінің бетіндегі терең қыртысында, макро-және микро түтікшелері мен саңылауларында өте көп мөлшерде шаң-тозаң және микроорганизмдер жиналады. Әсіресе белсенді түрде микроорганизмдер дәннің ұрық клеткасында көбейе бастайды, себебі оның ылғалдылығы дәннің басқа анатомиялық бөлімдеріне қарағанда әлдеқайда жоғары болады [1].

Өндірісте қолданылатын өңдеу машинасының отандық және шетелдік конструкцияларын талдау нәтижесі, дәннің бетін өңдеу операциясын жүзеге асыру үшін құрылымы бойынша да, жұмыс органдарының өңдеу материалына әсер ету дәрежесі бойынша да олардың көптеген варианттары қолданылатыны анықталды. Бірақ, жоғары сортты ұн өндірісіндегі олардың жұмыс істеу тиімділігі технологиялық талаптарды қанағаттандырмайды. Осыған байланысты, дәннің бетін оның беріктік қасиеттерінен аспайтын күшпен ұрып-үйкеу әрекетімен қарқынды әсер ету арқылы тазартатын эксперименттік қондырғы жасалған (1-сурет).



1 – электр қозғалтқышы; *2* – V-белдік жетек; *3* – подшипникті тірек; *4* – кожух; *5* – бичтер; *6* – қабылдау құбыры; *7* – шығару құбыры.

Сурет 1. Ұрып-үйкеу қондырғысының кинематикалық схемасы

Зерттеу шарттары мен әдістері. Дәннің бетін эксперименттi қондырғымен өңдеу барысында ол келесі механикалық әсерлерге ұшырайды: бичтердің ұруына және жұмысшы цилиндрдің ішкі металл бетіне ұрынады;

жұмысшы цилиндрдің метал бетімен үйкеліседі; дәннің дәнмен үйкелісі, жалпы айтқанда күрделі әсерге ұшырайды. Жұмыс барысында дән бетінің тиімді өңделуіне қол жеткізетін, бичті ротордың айналу жиілігінің оңтайлы мәні анықталады. Дән бетін өңдеудің ең оңтайлы варианты бичті ротордың айналу жиілігі 720 айн/мин болғанда байқалады. Жоғарыда айтылғандардың негізінде, динамикалық жүктеу жағдайында астық бетін қарқынды өңдеу, қондырғының негізгі жұмыс органының кинематикалық параметрлеріне байланысты екендігі және бұл кезде технологиялық талаптарды қанағаттандыратын максималды әсерге қол жеткізілетіндігі анықталды. Ұн зауыттарында дәннің бактериалды және зеңді микрофлоралармен тұқымдануын аталған қондырғымен төмендетудің мәні зор, себебі соның арқасында тек ұнның сапалық көрсеткіші ғана емес, одан пісірілетін нанның сапасы мен қауіпсіздігі де жоғарылайды. Бірақ, қазіргі кезде ұн зауыттарында қолданылатын дәнді тазалау және ұн тарту әдістері толық жетілдірілмегендіктен микроорганизмдердің көпшілігі дәннен ұнға ауысады. Сондықтан, бұл жұмыстың мақсаты дәннің бетін алдын-ала тазалау процесін дәннің қолданылу коэффициентін инновациялық жолмен жоғарылата отырып оның микробиологиялық тұқымдануының нан сапасына қойылатын талаптарға сай болуын қамтамасыз ету.

Зерттеу нәтижелері. Зерттеу материалы ретінде дәннің бетін ұрып-үйкеу әдісімен (ҰҮӘ) тазалайтын экспериментті қондырғыда алдын-ала беті өңделген бидай дәнінің I және IV типтерін қолдандық. Салыстырмалы талдаулар жүргізу үшін «Зар-Замин» А.А.Қ.-ның ұн зауытынан алынған А1-БШМ машинасында сулап өңдеу әдісімен өңделген I типті бидайдың үлгісін пайдаландық [2].

Дәннің микробиологиялық тұқымдануын зерттеуді, дәннің жуындысын Петри шыныаяғындағы МПА қоректі бактериологиялық ортаға егу арқылы жүргіздік. *Bac. Mesentericus* және *Bac. Subtilis* бактерияларының бар-жоғын қатты қоректі ортада өсіп шыққан колонияларды морфологиялық белгілері бойынша есептеу арқылы және нан өндірісінде микробиологиялық бақылау жүргізу туралы нұсқауға сәйкес, МЕМСТ 26669 бойынша зертханада сынақ нан пісіру технологиялық әдісімен анықтадық. Дәннің бетін өңдеу процесінен кейін, дән мен ұнның микробиологиялық тұқымдануының өзгеруін тексерудің нәтижесі 1-кестеде көрсетілген. Онда, дәннің микробиологиялық тұқымдануы, оның бетін өңдеу процесінің тиімділігіне байланысты екенін көрсетті. Бетін өңдеу қарқыны жоғарылаған сайын, микроорганизмдердің саны да азая түседі.

Майда, ширақ қозғалатын таяқшалар *Ps. herbicola* мен *Er. Herbicola* болуы дәннің сапалылығын және балғындығын көрсетеді. МПА-да олар бастапқыда сұр түсті, ал кейінірек алтын-сары түске айналатын тегіс колониялар түзеді. *Bac. Mesentericus* және *Bac. Subtilis* тобының бактериялары міндетті түрде есепке алынады, себебі олар нанның созылмалы (картоп) ауруын қоздырғыштар болып саналады.

Кесте 1

Бастапқы үлгілердің микробиологиялық тұқымданғандығы (мың, 1 г дәнде)

Аталуы	Бактериялар		Микроорганизмдердің жалпы саны
	Ps. herbicola	*Bac. Mesentericus Bac.Subtilis*	
Лабораториялық үлгі	48	37	57000
Өндірістік үлгі	58	42	63000

Бұл топ бактерияларының колониялары МПА-да өсіру кезінде шеттері ойып жасалған әшекейге ұқсас қою қоңыр түске боялады.

Кестеде көрсетілген егілген бидай дәнінің нәтижесіне талдау жүргізе отырып, дәннің сапасы әдеттегідей, балғындығы орташа, спора түзгіш бациллалардың саны нормада деп қорытынды жасадық.

Эксперименталды қондырғыда өңделген бидай дәнінің микробиологиялық тұқымдануын зерттеу үшін әрбір бір минут сайын үлгі алып отырдық. Негізгі зерттеу жұмысын төмендегі тәртіппен жүргіздік. Дән қабылдау. Лабораториялық қондырғы мен өндірістік А1-БШМ машинасында өңделген бидай дәнінің және одан тартылған ұнның микробиологиялық тұқымдануын салыстыру үшін машинаға дейін және кейін үлгілер алдық. Әрбір үлгіден 1г алып стерильденген пробиркаларға салып, содан соң методикаға сәйкес 1:100 ара қатыста суға салып езіп Петри шыныаяғындағы МПА қоректі бактериологиялық ортаға егіп, 3-4 тәулікке термостатқа салып қойдық. Содан соң өсіп шыққан микроорганизмдер колонияларына зерттеу жүргіздік. Дәннің бетін ҰҮӘ өңдеуден кейін, дәннің және ұнның микробиологиялық тұқымдануының өзгеруі 2, 3, 4-кестелерде көрсетілген.

Қондырғының жұмыс істеу принципі келесідей: Дән қабылдау құрылғысы арқылы кожухқа түседі, қозғалтқыш қосылады, бичтердің дәндерді қарқынды ұруының нәтижесінде ұрық бөлшектері, қабықтар және шаң бөлінеді. Эксперимент астық массасын динамикалық жүктеу жағдайында өңдеу уақытын, үлгінің, өнімнің түрін өзгерту жолымен жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 2, 3, 4-кестелерде жинақталған.

Кесте 2

Дәннің бетін өңдеу тәртібінің, оның микробиологиялық тұқымдануына тигізетін әсері (мың, 1г)

Өнімдер	Өңдеу уақыты, мин	Машинаның жұмыс істеу тиімділігі			М/о жалпы саны	Спора түзгіш бактериялар
		Сынық дәндердің өсімі,%	Сыдырылған қабық мөлшері, %	Дән күлділігінің төмендеуі, %		
Бидай дәні I тип	1	0,40	1,61	0,03	56700	552
	2	0,25	2,82	0,05	52000	530
	3	0,67	3,45	0,07	41200	410
	4	1,17	4,20	0,08	40000	395
	5	2,27	4,71	0,08	39700	360
	6	3,48	5,37	0,10	39500	321
	7	7,20	5,83	0,11	39500	300
	8	3,93	6,15	0,11	39100	300
Бидай дәні IV тип	1	0,12	1,92	0,01	61120	559
	2	0,30	2,67	0,02	59800	520
	3	0,62	3,12	0,04	58000	472
	4	0,94	4,35	0,07	57100	389
	5	1.32	4,80	0,07	56000	327
	6	1.82	5,40	0,08	55800	285
	7	5,22	5,90	0,09	55750	260
	8	7,37	6,30	0,09	55700	245
Өңдеуден кейін қалған қалдықтар (I тип)					67000	610
Өңдеуден кейін қалған қалдықтар (IV тип)					72500	660

Кесте 3

Дән бетін өңдеу процесінің, ұнның *Bac. Mesentericus* және *Bac. Subtilis* бактерияларымен тұқымдануына тигізетін әсері (I типті бидай)

Өнім	Үлгінің түрі	Микроорганизмдердің саны (1г ұнда)	Бактерияларының саны (1г ұнда)
Жоғары сортты ұн I сортты ұн IIсортты ұн	Беті өңделмеген дәннен тартылған ұн	12700 13100 14600	180 390 560
Жоғары сортты ұн I сортты ұн II сортты ұн	Беті өңделген дәннен тартылған ұн	9000 10600 13300	110 180 210

Кесте 4

Дән бетін өңдеу процесінің, ұнның *Bac. Mesentericus* және *Bac .Subtilis* бактерияларымен тұқымдануына тигізетін әсері (IV типті бидай)

Өнім	Үлгінің түрі	Микроорганизмдердің саны (1г ұнда)	Бактерияларының саны (1г ұнда)
Жоғары сортты ұн I сортты ұн IIсортты ұн	Беті өңделмеген дәннен тартылған ұн	13000 13900 14700	210 415 670
Жоғары сортты ұн I сортты ұн II сортты ұн	Беті өңделген дәннен тартылған ұн	9300 10200 13400	85 140 170

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Алынған мәліметтер дәннің бетіндегі микроорганизмдердің саны тазалау қарқынына байланысты екенін көрсетті. Өңдеу уақыты жоғарылаған сайын микроорганизмдермен тұқымдану төмендей береді, бірақ сынық дәннің мөлшері де өседі.

Ал, «Диірменде технологиялық процесті ұйымдастыру және жүргізу» ережесіне сәйкес машинаның технологиялық тиімділігі сынған дәндердің өсуімен, сыртқы қабығының пайыздық мөлшерінің төмендеуімен және дән күлділігінің төмендеуімен анықталады. Сондықтан, осы аталған көрсеткіштердің мөлшері арнайы ережеде көрсетілген мәніне сәйкес болуын ескере отырып, дәннің микроорганизмдермен тұқымдануының айтарлықтай төмендеген уақытын белгіледік. Ондай нәтиже өңдеу уақыты 8 минутқа жеткенде байқалды.

Келтірілген мәліметтер, сыдырылған қабық мөлшері өскен сайын дәннің жалпы микробиологиялық тұқымдануы, сонымен қатар споратүзгіш бактериялармен тұқымдануы төмендейтінін, ал қалдықтағы микроорганизмдердің саны көбейе түсетіндігін көрсетті.

Сонымен қатар, дәннің сыртқы қабығы көбірек түскен ұнның микробиологиялық тұқымдануы жоғарырақ екендігі байқалды. Сонымен, дәннің сыртқы қабықтарының микробиологиялық тұқымдануы әлдеқайда жоғары, егер оларды дәннің бетін өңдеу барысында толық сыдырмаса, ұн микрофлорасының жоғарылауына әкеліп соқтырады.

5-кестеде көрсетілген салыстырмалы зерттеу нәтижелері бойынша А1-БШМ жуу машинасына қарағанда ҰҮӘ өңдейтін эксперименталды қондырғы дәннің микробиологиялық тұқымдануын әлдеқайда төмендетіні байқалды.

Кесте 5

Микробиологиялық тұқымданудың салыстырмалы нәтижесі (мың 1 т дәнде)

Аталуы	Бактериялардың саны	
	Өңдеуге дейін	Өңдеуден кейін
Эксперименталды қондырғы	51000	24500
Өндірістік А1-БШМ	60000	32130

Зерттеу жұмысында дәннің жалпы микроорганизмдермен тұқымдануымен қатар микроорганизмдердің ерекше тобы, наның созылмалы «картоп» ауруын қоздыратын *Bac. Mesentericus* және *Bac. Subtilis* спора түзгіштерімен тұқымдануына көбірек көңіл бөлінді. Бұл микроорганизмдердің бактериологиялық колонияларының құрылымдық ерекшеліктерін біле отырып, олардың санын анықтау қиынға түспес еді. Бірақ бұл жолы оларды дәлірек әдіс- кішкентай домалақ нан пісіру арқылы анықтадық.

Нан пісіруге қажетті ұнды эксперименталды қондырғыдан кейін және А1-БШМ машинасынан кейін алынған дән үлгілерін лабораториялық ұн тартқышта тартып алдық. Сынама пісіруге арналған қамырды опарасыз дайындадық. Ашыған қамырды 60 және 120 минуттан кейін екі рет иледік. Жалпы ашу уақыты – 170 мин. Ашыған қамырды бірдей етіп үшке бөліп, көмірқышқыл газы түгел бөлініп шыққанша әбден илеп, екеуіне ұзынша, ал біреуіне шар тәрізді форма бердік. Екеуін майланған формаға, ал шар тәріздіні табаншаға орналастырып термостатқа салдық. Пісіру 220-230°С температурада ылғалдандырылған пісіру камерасы бар пеште жүргізілді [3].

Жоғары сортты бидай ұнынан пісірілген формалы нан – 30мин табанша нан – 28мин; 1-ші сортты – 32 және 30; екінші сортты нан – 35 және 32 минутта піседі. Піскен нанды 18-22°С температураға дейін 1,5-2 сағат салқындаттық.

Пісірілген нан үлгілерін ылғал қағазға орап, полиэтилен пакетіне салып температурасы 37-40°С термостатта сақтап,. нан үлгілерінде картоп ауруының белгілерінің пайда болуын 24-36 сағаттан кейін бақыладық. Зерттеу нәтижелері 6-кестеде көрсетілген.

Кесте 6

Дәннің бетін ҰҮӘ тазалау қондырғысында өңдеудің нанның «картоп» ауруымен ауыру деңгейіне тигізетін әсері

Өзгеріс белгілері	Ұсынылатын балл	ҰҮӘ өңдеу уақыты						Өндірістік үлгі
		0	1	2	3	4	5	
Нанды үзіп бөлгендегі жіпшелердің саны:								
– жіңішке, сирек орналасқан;	5	-	-	-	-	5	5	-
– бүкіл бетінде жиі орналасқан;	10	-	10	10	-	-	-	10
– қалың жіпшелер.	15	5	-	-	-	-	-	-
Нанның ішкі жұмсағының жәйі:								
– басылып қалған;	5	15	-	-	5	5	5	-
– жабысқақ.	10	15	-	10	-	-	-	10

Ешқандай машинада өңделмеген дәннен тартылған ұннан пісірілген нан 24 сағаттан кейін-ақ бұзыла бастады, ал қарқынды өңдеуден өткен үлгілерден пісірілген нандар негізінен 72 сағаттан соң бұзыла бастады.

Өндірістік дәннен тартылған ұннан пісірілген нанның ішкі жұмсағының өзгеруін 15 баллмен бағаладық. Ол өзгерістер нанды үзіп бөлген

кезде қалың жіпшелердің пайда болуымен, нан жұмсағының жабысқақ болуымен, қараюымен, өткір иістің пайда болуымен сипатталады. Ал эксперименталды қондырғыда өңделген I және IV типті бидай дәндерінен тартылған I және II сорт ұндарынан пісірілген нандардың ішкі жұмсағында сирек орналасқан жіңішке жіпшелер пайда болды, ал жоғары сортты ұннан пісірілген нанның ішкі жұмсағының болмашы ғана иісі болды, оны 5 баллмен бағаладық, яғни «картоп» ауруының өте нашар белгісі бар деп сипаттадық.

Қорытынды. Сонымен, ҰҮӘ өңдейтін эксперименталды қондырғыны пайдалана отырып дәннің сыртқы қабығын максималды сыдырудың нәтижесінде оның жалпы микробиологиялық тұқымдануын төмендетумен қатар, нанның сапасы мен қауіпсіздігіне әсер ететін спора түзгіш бактериялар *Bac. Mesentericus* және *Bac. Subtilis* микроорганизмдер санын да төмендетуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мизанбекова, С.К. Основные направления в обеспечении продовольственной безопасности Казахстана [Текст] / С.К. Мизанбекова // Известия НАН.РК. Серия аграрных наук. – 2013. – №4(16). – С 449.
2. Саржанова, К.Ш. Влияние кинематических параметров рабочих органов установки на эффективность обработки поверхности зерна в условиях динамического нагружения [Текст] / К.Ш. Саржанова // Хранение зерна и переработка сельскохозяйственной продукции. – 2001. – №1. – С. 27-29.
3. Правила организации и ведения технологического процесса на мукамольных заводах [Текст]. – М.: ВНП Зернопродукт, 1991.

Материал редакцияға 26.11.24 түсті, 11.03.25 қабылданды.

К.Ш. Саржанова[1], П.М. Маликтаева[1], А.С.Боранкулова[2]

[1]Международный Таразский университет им. Ш. Муртазы, г. Тараз, Казахстан
[2]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХЛЕБА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРНА

Аннотация. На современном этапе развития хлебопекарного производства в условиях повышенного микробиологического загрязнения сырья, связанного с ухудшением экологической ситуации в отдельных регионах страны, снижения агротехнических мероприятий в сельском хозяйстве актуальным является совершенствование технологий, направленных на решение проблем качества продукции и повышения ее микробиологической безопасности. В работе научно обоснована и доказана возможность стабилизации микробиологической чистоты хлебобулочных изделий, предупреждение картофельной болезни хлеба путем совершенствования процесса очистки поверхности зерна перед помолом. Выявлено что интенсивная обработка поверхности зерна в условиях динамического нагружения зависит от кинематических параметров основного рабочего органа установки, при которой достигается максимальный эффект, удовлетворяющий технологическим требованиям.

Ключевые слова: ударно-истирающее действие, микроорганизм, обсеменение, пшеница, мука, хлеб, спора, бактерия.

K.Ch. Sarzhanova[1], P.M. Maliktaeva[1], A.S. Borankulova[2]

[1]Sherkhan Murtaza International Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]M.Kh. DulatyTaraz University, Taraz, Kazakhstan

INCREASING THE MICROBIOLOGICAL SAFETY OF BREAD BASED ON IMPROVEMENT OF GRAIN SURFACE PROCESSING TECHNOLOGY

Abstract. At the current stage of development of bakery production in conditions of increased microbiological contamination of raw materials associated with the deterioration of the environmental situation in certain regions of the country, and the reduction of agrotechnical measures in agriculture, it is important to improve technologies aimed at solving problems of product quality and increasing its microbiological safety. The work scientifically substantiates and proves the possibility of stabilizing the microbiological purity of bakery products, preventing potato disease of bread by improving the process of cleaning the surface of the grain before milling. It was revealed that intensive processing of the grain surface under dynamic loading conditions depends on the kinematic parameters of the main working element of the installation, at which the maximum effect is achieved, satisfying technological requirements.

Keywords: impact-abrasive action, microorganism, seeding, wheat, flour, bread, spore, bacteria.

References

1. Mizanbekova S.K. Osnovnyye napravleniya v obespechenii prodovol'stvennoy bezopasnosti Kazakhstana [Main directions in ensuring food security of Kazakhstan] // Bulletin of the NAS RK. Series of agrarian sciences. – 2013. – No. 4(16). – P. 449. [in Russian].
2. Sarzhanova K.SH. Vliyaniye kinematicheskikh parametrov rabochikh organov ustanovki na effektivnost' obrabotki poverkhnosti zerna v usloviyakh dinamicheskogo nagruzheniya [Influence of kinematic parameters of the working bodies of the installation on the efficiency of grain surface processing under dynamic loading] // Grain storage and processing of agricultural products. – 2001. – No. 1. – P. 27-29. [in Russian].
3. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na mukamol'nykh zavodakh [Rules for organizing and maintaining the technological process at flour mills]. – Moscow: VNP Zernoprodukt, 1991. [in Russian].

ҒТАМР 65.29.03

А.С. Боранкулова[1] – *негізгі автор*,
А.С. Умирбекова[2], А.К. Садыбаев[3],
Л.Ж. Алашбаева[4], Б.Е. Солтыбаева[5], М.Е. Ержанова[6]

©

[1,4,5]PhD, қауымдас. профессор м.а., [2]Магистр, аға оқытушы,
[3]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор м.а.,
[6]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-1229-753X [2]https://orcid.org/0000-0001-8175-1030*
[3]https://orcid.org/0000-0003-0427-3025 [4]https://orcid.org/0000-0003-3099-5988
[5]https://orcid.org/0000-0002-3260-4429 [6]https://orcid.org/0000-0002-6496-2693

[1,2,3,4,5,6]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,
Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]aselboor@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SNMB4114

ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНДА ӨСІРІЛГЕН ОТАНДЫҚ СҰРЫПТЫ БИДАЙЛАРДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Жамбыл облысы өңірінде өсірілген, Богарная-56 (Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында), Стекловидная-24, Безостая-1 сұрыпты (Байзақ ауданында) бидай дәндерінің физика-химиялық қасиеттері зерттелінген.

Зерттеу барысында бидай дәндерінің сапалық қасиеттерін бағалаудың әдістемелері мен әдістері қолданылды. Зерттелінген бидай сұрыптары жоғарғы 1000 дәннің салмағы (30,2-39,7 г) және 743-794 г/л натурасымен сипатталынды. Ақуыз бен желімтектің мөлшері 13,0-17,7% және 24-31% шамасында өзгерді. ИДК-М1 көрсеткіштері бойынша желімтектің сапалық мәні, Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында өсірілген Богарная-56 сұрыпты күздік бидайларының үлгілері – бірінші сапалық топты көрсетті. Ал, Стекловидная-24, Безостая-1 сұрыпты бидай үлгілері – екінші сапалық топқа сәйкес келетіндігі анықталынды.

Дәннің технологиялық қасиеттерін және физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері бойынша зерттелетін бидайдың үшінші класс стандарттарына сәйкестігі анықталды. Физика-химиялық қасиеттерін бағалау нәтижесінде күздік бидай дәнінің отандық сұрыптары МЕМСТ 9353 талаптарына сәйкестігі анықталды, бұл оның нан пісіруге жарамдылығын көрсетеді. Астық сапасының көрсеткіштерінің жиынтығы бойынша ең бағалысы күздік бидайдың жұмсақ Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) және Богарная-56 (Меркі ауданы) сорттарының үлгілері болып табылады.

Тірек сөздер: күздік бидай, 1000 дәннің массасы, шынылығы, натурасы, желімтек сапасы, технологиялық сапа, химиялық құрамы.

Боранкулова, А.С. Жамбыл облысында өсірілген отандық сұрыпты бидайлардың физика-химиялық құрамын және технологиялық қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / А.С. Боранкулова, А.С. Умирбекова, А.К. Садыбаев, Л.Ж. Алашбаева, Б.Е. Солтыбаева, М.Е. Ержанова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.88-96. https://doi.org/10.55956/SNMB4114

Кіріспе. Қазақстан Республикасының жоғары білім мен ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған Концепциясында тұжырымдалынған, яғни агробиотехнология саласындағы ғылыми-техникалық дамудың басымдылығы мен стратегиялық бағыты, қауіпсіз және жоғары сапалы тағам өнімдерін, соның ішінде функционалды бағыттағы өнімдерді жасауда ауыл шаруашылық өнімдерін тиімді өңдеу өзекті болып табылады [1].

Осыған орай, тамақ және қайта өңдеу өнекәсібінде ауыл шаруашылығы шикізаттарын кешенді өңдеуде, оның ішінде тағамдық қоспаларды алуды қамтамасыз ететін екіншілік ресурстарды өңдеу, сонымен қатар оларды функционалды тамақ өнімдерін (ФТӨ) жасауда қолдану, Қазақстан халқының тамақтану статусындағы макро-және микроэлементтердің жетіспеушілігін толықтырудың арқасында алиментарлы тәуелді аурулардан болатын шығынды азайтады [2].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысандары ретінде Жамбыл облысының аймақтарында өсірілген: 1981 жылы «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының» селекционерлерімен өсірілген Богарная-56; Стекловидная-24; сонымен қатар 1958 жылы «П.П. Лукьяненко атындағы Ұлттық Астық Орталығында» өсірілген күздік бидайдің отандық жұмсақ сұрыптары алынды. Жамбыл облысының Байзақ, Меркі және Т. Рысқұлов аудандарының шаруа қожалықтары бидай үлгілерін ұсынды.

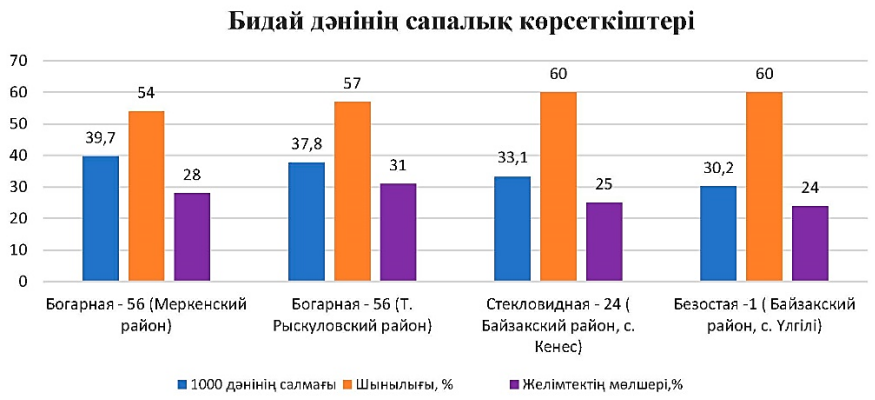
Бидай дәнінің сапалық қасиеттерін анықтау бойынша, М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің Халықаралық инженерлік академиясының академигі, т.ғ.д., профессор «А.С. Ахметов атындағы наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ғылыми-зерттеу зертханасында, «Тамақ өндірісі және биотехнология» кафедрасының зертханаларында, «ZHAMBYL STANDART» стандарттау, сертификаттау және метрология бойынша тобы» ЖШС аккредиттелінген сынақ зертханаларында және «КАЗАГРЭКС» АҚ Тараз филиалында зерттеулер жүргізілді. Зертханалар, акредитация берілген (аккредителінеген зертханалар үшін) саласына сәйкес астық және оның өңделген өнімдерінің қауіпсіздігіне және сапасына сынақтар жүргізу бағытталынған, отандық және шетелдік өндірушілер (Perten Instruments (Швеция), Chopin Instruments (Франция)) жасаған заманауи жабдықтармен жабдықталынған.

Зертелінетін үлгілердің технологиялық сапа көрсеткіштерін бағалау, СТ ҚР 1046-2008 Бидай. Техникалық шарттары регламенттелінген зерттеу әдістеріне сай жүргізілді. Астықтың сынамасын алу – МЕМСТ 13586.3, түсі мен иісін анықтау – МЕМСТ 10967 2019, ылғалдылығын анықтау – МЕМСТ СТ ҚР ИСО 712-2014, ақуыздың массалық үлесін анықтау – МЕМСТ 10846-91, зиянкестермен зақымдануды анықтау – МЕМСТ 13586.6-93, натурасын анықтау – СТ ҚР 1888-2009, шынылығын анықтау – МЕМСТ 10987-76, бидайдағы желімтектің санын және сапасын анықтау – МЕМСТ 13586.1-2014 және 1000 дәннің масасын анықтау МЕМСТ ISO 520-2014 бойынша орындалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бидай дәнінің технологиялық ерекшеліктерін сипаттайтын нормалық көрсеткіштері (натура, 1000 дәннің салмағы, шынылығы, ластануы, желімтектің саны мен сапасы), органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері (ылғалдылығы, күлділігі, ақуыз мөлшері, крахмал мен бейтараптанып ыдырайтын талшықтардың мөлшері) анықталынды [3,4].

Зерттелінетін бидай дәнінің барлық үлгілері нормативтік көрсеткіштерге сәйкес келеді. Бидай дәнінің ұн тарту қасиетін сипаттайтын базалық көрсеткіштердің бірі, ұн шығымына тікелей әсер ететін көрсеткіш – 1000 дәннің салмағы болып табылады [5]. 1000 дәннің салмағы артқан сайын, ұн шығымыда артады. Ірі, жақсы толған бидай дәніндегі эндсперімнің үлесі 70-85%, майда бидай үшін 40-65% құрайды. Дәннің ірілігі төмендеген сайын эндоспермнің де мөлшері азаяды. Зерттелетін үлгілердегі 1000 дәннің салмағы 30,2-39,7 г шамасында боды. 1000 дәннің салмағы бойынша Т. Рысқұлов ауданында өсірілген Богарная-56 сұрыпты ең жоғарғы көрсеткішті көрсетті.

Бидайдың ұн тарту қасиеттерін бағалау кезінде, эндоспермнің консистенциясын сипаттайтын дәннің шынылығы маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады. Зерттеу жұмыстары екі қайтара жүргізілді. 1-суретте зерттелінген бидай үлгілерінің сапалық көрсеткіштерінің орташа мәндері берілген.

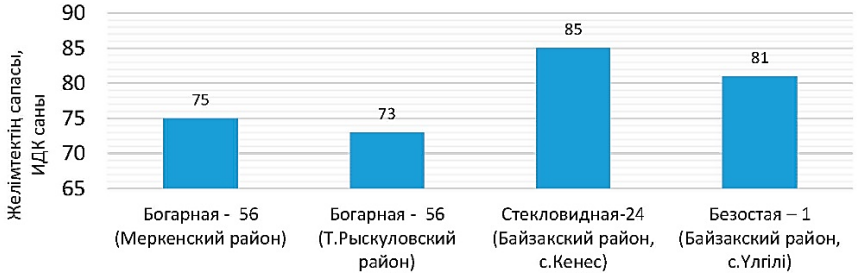


Сурет 1. 1000 дәннің салмағының, шынылығының, желімтек мөлшерінің көрсеткіштері

1-суретте көрсетілген диаграмманың мәліметтеріне сүйенсек Стекловидная-24 және Безостая-1 сұрыптарындағы бидайдың шынылығы жоғары екені байқалды. Зерттелінген сұрыпты үлгілердің шынылығы 54-60% шамасында болды. Бидайдағы желімтектің пайыздық мөлшері 24,0-31,0% құрады. Желімтектің жоғары мөлшері мен жақсы сапасы Богарная-56 сұрыптарында анықталды.

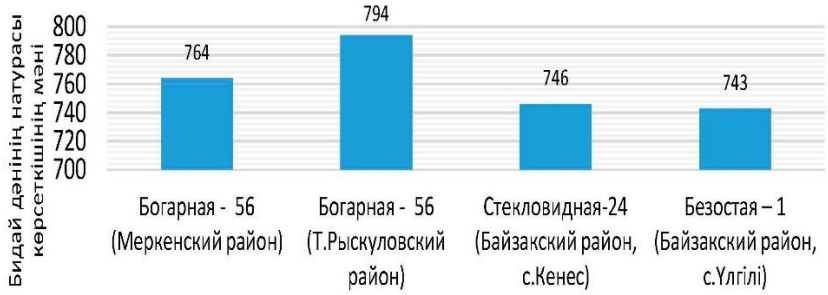
Жуылған желімтектің серпімділігі, деформациясын өлшегіш ИДК құралының көмегімен сапалық тобы анықталынды [6]. Зерттелінген үлгілердегі бидай желімтектігінің сапалық көрсеткіштері 2-суретте берілген. ИДК құралының көрсеткіші бойынша Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында өсірілген Богарная-56 күздік бидайының үлгілерінде желімтектің сапалық мәні ең жақсы – бірінші топқа жатады. Стекловидная-24 және Безостая-1 сұрыпты бидайлардың үлгілері – екінші топтық сапаға сай келді.

Натурасы жоғары жақсы дамыған бидайдың құрамында эндоспермнің мөлшері көп және де соған сәйкес гүлді қабықшалары аз болады. МЕМСТ 9353-2016 «Бидай. Техникалық шарттары» талаптарына сай, азық-түлік мақсатындағы өңделетін бидай дәнінің натурасы 710 г/л кем болмауы қажет.



Сурет 2. Бидай дәнінің желімтек сапасының көрсеткіштері

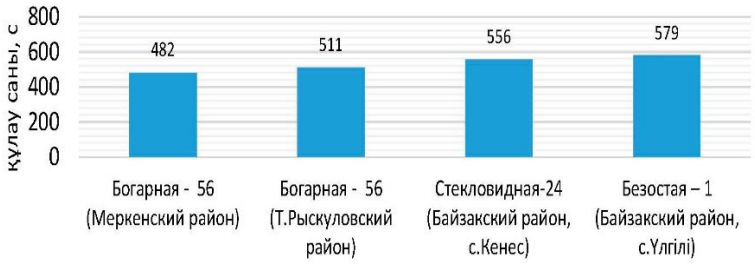
3-суретте зерттелетін үлгілердің бидай дәнінің натурасын зерттеу барысында алынған нәтижелер көрсетілген. Алынған нәтижелерге сүйенсек, Богарная-56 сұрыпты (Т. Рысқұлов және Меркі аудандары) бидайлардың натуралық салмағы ең жоғарғы болды, бұл олардың технологиялық артықшылықтарының жоғары екенін көрсетеді. Зерттелінген барлық жұмсақ бидай үлгілерінің натуралық көрсеткіштері айтралықтай жоғары екені анықталынды.



Сурет 3. Бидай дәнінің натурасы көрсеткішінің мәні

Астық қорларының зиянкестерімен зақымдану көрсеткіші бойынша бидай үлгілерін талдау нәтижелері, Стекловидная-24 және Безостая-1 сұрыпты үлгілерінде 1 дәрежелі бізтұмсықтармен зақымданғаны анықталынды, ол өз кезегінде дәннің сапасын нашарлатып және ұн шығымын төмендетеді. Талдау нәтижелері «ZHAMBYL STANDART» стандарттау, сертификаттау және метрология бойынша тобы» ЖШС зертханасының зерттеу хаттамасында көрсетілген.

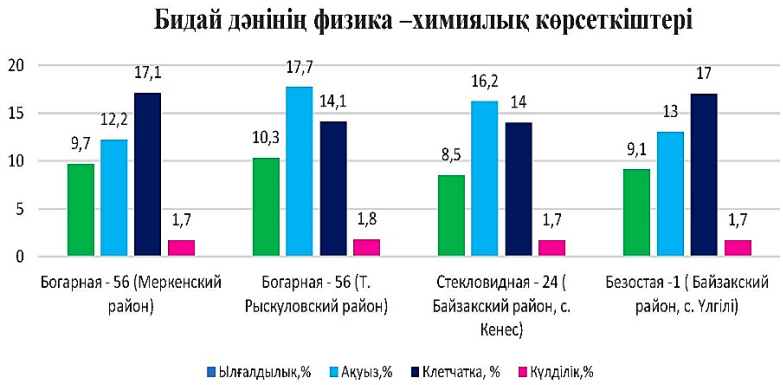
Ферментативті белсенділігін сипаттайтын және бидайдың класын анықтайтын маңызды көрсеткіш құлау саны болып табылады, ол бидай дәнінің құндылығы мен сапасын бағалаудың басты критериі [7]. СТ ҚР 1889-2009 «Бидай және бидай өнімдері. Құлау санын анықтау» талаптарына сай «КАЗАГРЭКС» АҚ Тараз филиалының аккредиттелінген сынақ зертханаларында Perten Instruments (Швеция) өндіруші компаниясында шығарылған «Falling Number 1800» құлау санын анықтау анализаторында бидайдің құлау саны анықталынды. Құлау саны көрсеткішінің орташа мәні шамамен 482-579 с аралығында болды. СТ ҰР 1889 2009 талаптарына сай құлау саны (шектік нормасы) жұмсақ бидайдың 3 класы үшін 150 с кем болмауы қажет. 4-суретте құлау саны мәндері көрсетілген.



Сурет 4. Құлау саны көрсеткішінің мәндері

Бидай дәнінің физикалық және морфологиялық ерекшеліктері дәннің сапасына негізделген. Perten Instruments (Швеция) компаниясында шығарылған Diode Array 7200 инфрақызыл анализаторының көмегімен алынған үлгілердің химиялық құрамы, физика-химиялық көрсеткіштері: ылғалдылығы, күлділігі, ақуыз мөлшері, крахмал, бейтарап ыдырайтын талшық бойынша зерттеулер орындалды. 5-суретте бидай сапасының негізгі физика-химияылық көрсеткіштері берілген.

Бидай дәнінің биохимиялық құрамы органикалық және бейорганикалық заттар тобымен анықталынады, ал тағамдық құндылығы көмірсулер мен ақуыздарға негізделеді. Зерттеу нәтижесі бойынша бидай дәніндегі ақуыз мөлшері 13,0-17,7 % құрады. Ақуыздың жоғарғы мөлшері келесі: Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) – 17,7%, Стекловидная-24 (Байзақ ауданы) – 16,2% бидай үлгілерінде байқалды.

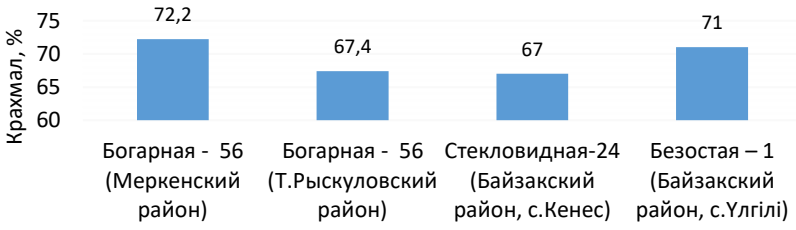


Сурет 5. Бидай дәнінің физика-химялық көрсеткіштері

Желімтектің мөлшері дәндегі ақуыз мөлшерімен жақсы сәйкес келеді, яғни ол зерттеу нәтижелерімен расталынады. Дәннің салмағына, шикі ақуыз құрамына және желімтек мөлшеріне «Құлау санына» байланысты маңызды сапа көрсеткіштері өзгеруінің негізгі тенденцияларын анықтауға мүмкіндік береді. Жұмсақ күздік бидай үлгілеріндегі талшықтардың массалық үлесінің орташа мәні 15,5% құрады. Талшықтың мөлшері бойынша көп мәнге: Богарная-56 (Меркі ауданы) – 17,1%, Безостая-1 (Байзақ ауданы) – 17,0% бидай үлгілері ие болды.

Ұнның функционалдылығы бірқатар параметрлерге тәуелді, яғни олардың бірі крахмалдың қасиетті болып табалады. Богарная-56 (Меркі ауданы) және Безостая-1 (Байзақ ауданы) сұрыпты бидай үлгілерінде

крахмалдың жоғары мөлшерде екені анықталынды. 6-шы суретте бидай дәніндегі крахмал мөлшері берілген



Сурет 6. Бидай дәніндегі крахмал көрсеткіштерінің мәні

Зерттелінген бидай үлгілері мемлекеттік стандарт талаптарына сай келетін жоғары технологиялық қасиеттерге ие. Зерттеу барысында қолданылған барлық дән үлгілерінің технологиялық қасиеттері мен химиялық құрамын зерттеуде, негізгі шикізатты дұрыс таңдауға мүмкіндік берді.

Жамбыл облысында Богарная-56, (Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында), Стекловидная-24, Безостая-1 (Байзақ ауданында) өсірілген бидай дәні үлгілеріне зертханалық сынақтар жүргізу кезінде, ары қарай ұнға өңдеуге екі сұрыптың артықшылығы айқындалды.

Күздік бидайдың перспективті сұрыптарын кешенді бағалау нәтижелеріне сүйене отырып, негізгі шикізат ретінде Т. Рысқұлов және Меркі аудандарында өсірілген Богарная-56 сұрыпты күздік жұмсақ бидайын мақсатқа лайықты қолданылуға болады деген тұжырым жасалынды.

Алынған зерттеу нәтижелері, эксперименталді зерттелінген үлгілерді өңдеу үшін қолданудың ғылыми дәлелі болып табылады.

Қорытынды. Эксперименталді зерттеулерді жүргізу барасында физика-химиялық құрамы мен технологиялық қасиеттерін зерттеуге бағытталынған Богарная-56, (Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында), Стекловидная-24, Безостая-1 (Байзақ ауданында) сұрыпты бидай дәні ұн тартуға өделеді. Жамбыл обылысында өсірілеген функционалды бағыттағы нан және нан өнімдерін өндіру үшін наубайхана өндірісінде қолдану мақсатында, келесі қорытындыларды жасауға болады:

– Жамбыл облысында өсірілген күздік жұмсақ бидай үлгілерінің химиялық құрамы зертелінді;

– бидай сапасының базалық көрсеткіштері анықталынды (сыртқы түрі, түсі, иісі, зиянкестермен зақымдануы, ылғалдылығы, ластануы);

– бидай сапасының арнай көрсеткіштері анықталынды (шынылығы, натурасы, 1000 дәннің салмағы, құлау саны, ақуыз мөлшері, шикі желімтектің саны және сапасы);

– бидай сапасының физика-химиялық көрсеткіштері анықталынды (ақуыз мөлшері, крахмал, клетчатка, күлділігі).

Жоғарыда айтылғандарды негізгі ала отырып, алынған үлгілердің бірегейлігін және физика-химиялық құрамы мен технологиялық қасиеттерін анықтау барысында, Богарная-56 (Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында) сұрыпты күздік жұмсақ бидай үлгілері өте жақсы сапалық көрсеткіштерге ие болды.

Әдебиеттер тізімі

1. Байдыбекова, С.К. Аграрный сектор экономики как основа продовольственной безопасности страны [Текст] / С.К. Байдыбекова, С.Б. Сауранбай, Д.Д. Ермекбаева // Научный журнал «Вестник университета «Туран». – 2022. – № 4(96). – С. 11-25.
2. Iztayev A., Yakiyayeva M., Kulazhanov T., Kizatova M., Maemerov M., Stankevych G., Toxanbayeva B., Chakanova Z. Efficient mathematical models of ion-ozon cavitation treatment for long-term storage of grain legume crops // Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). – 2018. – No. 63 (1). – P. 1-8.
3. Рахымбаева, М.Н. Отандық әртүрлі жаздық және күздік бидай сұрыптарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу [Текст] / М.Н. Рахымбаева, А.И. Изтаев, Т.К. Кулажанов, М.А. Якияева, Э.Б. Аскарбеков, М.Д. Кенжеходжаев // Механика және технологиялар. – 2024. – №3(85). – Б. 84-93.
4. Изтаев, А.И. Биоэнергетические и экологические процессы урожайных, семенных свойств и технологических качеств зерна [Текст]: монография / А.И. Изтаев, Р.А. Урозалиев, Т.К. Кулажанов, М.М. Маемеров, Б.И. Изтаев, М.А. Якияева. – Алматы: ТОО «LEM», 2017. – 236 с.
5. Джанкуразов, Б.О. Сохранить золотое зерно Казахстана [Текст] / Б.О. Джанкуразов, К.Б. Джанкуразов. – Алматы: Алейрон, 2013. – 165 с.
6. Беркутова, Н. Мукомольные свойства зерна перспективных сортов озимой пшеницы [Текст]/ Н. Беркутова, Б. Сандухадзе, Е. Соболева // Хлебопродукты. – 2010. – № 11. – С. 51-53.
7. Шаймерденова, Д.А. Изучение возможности использования зерновых и зернобобовых культур Казахстана как основ для продуктов питания [Текст] / Д.А. Шаймерденова, Ж.М. Чаканова, М.Б. Бекболатова [и др.] // Механика и Технология. – 2018. – № 4. – С. 89-94.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR24992867 «Қазақстанның су шаруашылығын және қайта өңдеу өнеркәсібін дамыту мен басқаруға арналған ресурсты үнемдейтін технологияларды әзірлеу, инновациялық инжинирингтік орталық құру» жоба аясында орындалды.

Зерттеу жұмысын орындау барысында қолдау көрсеткен М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің «А.С. Ахметов атындағы наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ғылыми зерттеу зертханасы мен «Тамақ өндірісі және биотехнология» кафедрасының басшылығы мен ғалымдарына алғысымызды білдіреміз.

Материал редакцияға 05.12.24 түсті, 04.03.25 қабылданды.

А.С. Боранкулова[1], А.С. Умирбекова[1], А.К. Садыбаев[1], Л.Ж. Алашбаева[1], Б.Е. Солтыбаева[1], М.Е. Ержанова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННЫХ В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Проведено изучение физико-химических свойств зерна пшеницы сорта Богарная-56 (Меркенский района и района Т. Рыскулова), сорта Стекловидная-24 (Байзакский район), сорта Безостая-1 (Байзакский район) мукомольного направления, выращенных в Жамбылской области.

В ходе исследований образцов были использованы различные методики и методы оценки качественных характеристик зерновок пшеницы. Исследуемые сорта

характеризовались высокой массой 1000 зерен (30,2-39,7г.) и натурой от 743-794г/л. Содержание белка и клейковины изменялось в диапазоне 13,0-17,7% и 24-31%. Наилучшие значения качества клейковины по показаниям ИДК отмечены у образцов сортов озимой пшеницы Богарная-56, возделанных в Меркенском и Т. Рыскуловском районах, отнесено к первой группе качества. Образцы пшеницы сортов Стекловидная-24 и Безостая-1, соответствуют второй группе качества.

По итогам исследования технологических свойств зерна и физико-химических показателей, установлено, что исследуемая пшеница соответствует нормам третьего класса. В результате оценки физико-химических свойств установлено соответствие зерна отечественных сортов озимой пщеницы требованиям ГОСТ 9353, что сведетельствует о его приготодности в хлебопекарном производстве.

Ключевые слова: масса 1000 зерен, стекловидность, натура, качество клейковины, технологическое качество, химический состав.

A. Borankulova[1], A. Umirbekova[1], A. Sadibayev[1],
L. Alashbayeva[1], B. Soltybayeva[1], M. Yerzhanova[1]

[1]M.Kh. DulatyTaraz University, Taraz, Kazakhstan

STUDY OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DOMESTIC WHEAT VARIETIES GROWN IN THE ZHAMBYL REGION

Abstract. The study investigates the physico-chemical properties of wheat grain of the Bogarnaya-56 variety (grown in the Merkensky and T. Ryskulov districts), the Steklovidnaya-24 variety (Bayzak district), and the Bezzostaya-1 variety (Bayzak district) intended for milling, grown in the Zhambyl region.

Various techniques and methods for evaluating the qualitative characteristics of wheat grains were used during the research of the samples. The studied varieties were characterized by a high 1000-grain weight (30.2-39.7 g) and a volume weight of 743-794 g/l. The protein and gluten content varied in the range of 13.0-17.7% and 24-31%. The best gluten quality values according to the IDK readings were noted in the samples of winter wheat varieties Bogarnaya-56, grown in the Merkensky and T. Ryskulov districts, corresponding to the first quality group. Samples of wheat varieties Steklovidnaya-24 and Bezostaya-1 corresponded to the second quality group.

Based on the results of the study of technological properties of grain and physical and chemical indicators, it was established that the studied wheat complies with the standards of the third class. As a result of the assessment of physical and chemical properties, it was established that the grain of domestic varieties of winter wheat complies with the requirements of GOST 9353, which indicates its suitability for bakery production.

Keywords: 1000 grain weight, vitreousness, volume weight, gluten quality, technological quality, chemical composition.

References

1. Bajdybekova S.K., Sauranbaj S.B., Ermekbaeva D.D. Agrarnyj sektor ékonomiki kak osnova prodovol’stvennoj bezopasnosti strany [Agrarian sector of the economy as the basis of food security of the country] // Scientific journal "Vestnik University "Turan". – 2022. – No. 4(96). – P. 11-25. [in Russian].
2. Iztayev A., Yakiyayeva M., Kulazhanov T., Kizatova M., Maemerov M., Stankevych G., Toxanbayeva B., Chakanova Z. Efficient mathematical models of ion-ozon cavitation treatment for long-term storage of grain legume crops // Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). – 2018. – No. 63 (1). – P. 1-8.

3. Rahymbaeva M.N., Iztaev A.I., Kulazhanov T.K., Yakiyaeva M.A., Askarbekov E.B., Kenzhekhodzhaev M.D. Otandyk¸ ärtürlí žazdyk¸ žäne küzdík bidaj sūryptarynyñ fizika-himiâlyk¸ k¸asietterín zertteu [The study of Physico-Chemical Properties of various spring and winter wheat varieties of domestic] // Mechanics and technology. – 2024. – №3(85). – B. 84-93. [in Kazakh].
4. Iztayev A.I., Urozaliyev R.A., Kulazhanov T.K., Mayemerov M.M., Iztayev B.I., Yakiyayeva M.A. Bioenergeticheskiye i ekologicheskiye protsessy urozhaynykh, semennykh svoystv i tekhnologicheskikh kachestv zerna [Bioenergetic and ecological processes of yield, seed properties and technological qualities of grain]: monograph. – Almaty: “LEM” LLP, 2017. – 236 p. [in Russian].
5. Dzhankurazov B.O., Dzhankurazov K.B. Sokhranit' zolotoye zerno Kazakhstana [Preserve the golden grain of Kazakhstan]. – Almaty: Aleyron, 2013. – 165 p. [in Russian].
6. Berkutova N., Sandukhadze B., Soboleva Ye. Mukomol'nyye svoystva zerna perspektivnykh sortov ozimoy pshenitsy [Flour properties of grain of promising varieties of winter wheat] // Bread products. – 2010. – No. 11. – P. 51-53. [in Russian].
7. Shaymerdenova D.A., Chakanova ZH.M., Bekbolatova M.B. et al. Izucheniye vozmozhnosti ispol'zovaniya zernovykh i zernobobovykh kul'tur Kazakhstana kak osnov dlya produktov pitaniya [Study of the possibility of using grain and leguminous crops of Kazakhstan as the basis for food products] // Mechanics and Technology. – 2018. – No. 4. – P. 89-94. [in Russian].

МРНТИ 65.31.09

Л.А. Каимбаева[1] – *основной автор*,
Н.Б. Исембердиева[2], Я.М. Узаков[3],
Ш.Ы. Кененбай[4], Ж.М. Сулейменова[5], А.Н. Есенгазиева[6]

©

[1]Д-р техн. наук, профессор, [2]Докторант,
[3]Академик НАЕН, д-р техн. наук, профессор, [4]Канд. техн. наук, доцент,
[5]Канд. биол. наук, доцент, [6]PhD, ст. преподаватель

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-5251-8026 [2]https://orcid.org/0009-0000-8887-7744
[3]https://orcid.org/0000-0002-5462-8261 [4]https://orcid.org/0000-0002-0239-9110
[5]https://orcid.org/0000-0002-3996-4777 [6]https://orcid.org/0000-0003-2314-2995

[1,2,5]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан
[3,4,6]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

@ *[1]kleila1970@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/USNF9989

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ СВЕКОЛЬНОЙ МУКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНОГО КОРМА

Аннотация. Целью настоящего исследования является получение свекольной муки методом дегидратации из свежей свеклы. После этого была проведена оценка пищевой ценности, включая проксимальный и антиоксидантный анализ свекольной муки. Оценено значение экстракта метанола свекольной муки, которое составило 0,012 мг/мл по сравнению со стандартным значением аскорбиновой кислоты 0,007 мг/мл, что указывает на хорошую интенсивность антиоксидантной активности. Установлено общее содержание фенолов, которое составило 66,7 мг/мл, общее содержание флаваноидов – 2,57 мг/мл и количество бетанина – 86 мг/100 г. Выявлено, что свекольная мука, являясь растительным продуктом питания, может обеспечить организм рыб фитохимическими веществами, укрепляющими их здоровье.

Ключевые слова: свекольная мука, антиоксидантная активность, пищевая ценность, фенолы, флавоноиды, бетанин.

Каимбаева, Л.А. Исследование пищевой ценности и антиоксидантных свойств свекольной муки для производства рыбного корма [Текст] / Л.А. Каимбаева, Н.Б. Исембердиева, Я.М. Узаков, Ш.Ы. Кененбай, Ж.М. Сулейменова, А.Н. Есенгазиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.97-104. https://doi.org/10.55956/USNF9989

Введение. В отрасли аквакультуры затраты на корма составляют около 40-50% от общих эксплуатационных расходов, и рыбная мука является основным источником белка, используемым во многих при приготовлении коммерческих кормов для рыб. Известно, что рыбная мука содержит незаменимые аминокислоты, которые необходимы для удовлетворения потребности в белке большинства видов рыб, а также является хорошим источником витаминов и факторов роста. Однако высокая стоимость рыбной

муки в сочетании с ее дефицитом вызвала необходимость заменить ее альтернативными недорогими ингредиентами.

Растительные белки являются потенциальными ингредиентами в качестве альтернативы рыбной муке при приготовлении кормов для рыб. Многие растительные источники достаточно богаты белком и содержат благоприятный набор незаменимых аминокислотный профиль, но в них наблюдается дефицит одной или нескольких незаменимых аминокислот. Некоторые исследования подчеркивают, что смесь растительных источников белка является более подходящей для получения адекватного аминокислотного профиля по сравнению с включением одного источника растительного белка. Сырье растительного происхождения содержит, как правило, клетчатку, в связи с этим у рыб происходит неполное его усвоение. В комбинированные корма растительное сырье вводят в небольшом количестве (2-5%) для того, чтобы усилить перистальтику кишечника. При этом происходит более полное усвоение биологически активных и пищевых веществ комбикорма. В настоящее время в производстве комбинированных кормов для рыб используется мука из водорослей, хвойных деревьев, травы и свеклы.

Свекольная мука изготавливается из свежей свеклы. Свекла (Beta vulgaris) представлена несколькими сортами от желтого до красного цвета, но наиболее культивируемой и широко используемой является свекла насыщенного красного цвета [1,2].

Она известна своим богатым содержанием антиоксидантов в виде беталаинов и других фитохимических веществ, обладающих противораковыми и терапевтическими свойствами [3,4].

Свекла содержит биологически активные компоненты, антиоксиданты, включая беталаины, каротиноиды, фенольные соединения и множество других питательных веществ, при этом обеспечивая потребителя меньшим количеством калорий [5,6].

Свекла богата аскорбиновой кислотой, витаминами группы В, железом, кальцием, калием, магнием и натрием [7]. Активная кислотность корнеплодов свеклы имеет небольшое значение. Свекла содержит такие органические кислоты, как щавелевая, яблочная и лимонная. В корнеплодах свеклы содержится большое количество пектиновых веществ. Известно, что пектины имеют свойство защищать организм от влияния радионуклидов и тяжелых металлов, таких как свинец, стронций. Также известно свойство пектинов задерживать развитие патогенных микробов в кишечнике

В свекле имеются азотистые вещества, среди них важную роль играют белки. В свекле содержится полный комплекс незаменимых аминокислот, содержание которых значительно превалирует по сравнению с другими овощами и плодами. Из азотистого соединения бетаин, содержащегося в свекле, в организме образуется холин, предотвращающий жировую трансформацию печени.

В корнеплодах свеклы имеется также в небольших количествах различные витамины. Например, витамин С содержится в количестве 6-14, каротин – 0,012, витамин В1 – 0,021, Витамин В2 – 0,05 мг/100 сырья. В связи с этим, свекла не может иметь весомую роль в обеспечении человеческого организма витаминами.

Свекла содержит в большом количестве соединения калия (285 мг/100 г) и магния (41-44 мг/100 г), в связи с этим ее можно рекомендовать в профилактике и лечении таких заболеваний, как гипертоническая болезнь,

атеросклероз и т.д. Из микроэлементов в свекле следует отметить значительное содержание железа (1450 мкг/100 г сырья) и меди (145 мкг/100 г). Данный факт позволяет определить действенность использования свеклы в качестве средства, влияющего на процесс кроветворения [1,2]. При этом, следует отметить, что свекла в сравнительном аспекте не имеет себе равных среди овощей и плодов, исключая только чеснок.

В свекле содержится также значительное количество йода и марганца. Из микроэлементов также имеются такие минералы, как ванадий, бор, кобальт, литий, молибден, рубидий, фтор, цинк. Содержание цинка значительно превалирует по сравнению с другими овощами и плодами.

Поскольку свекла – скоропортящийся овощ, ее можно обезвоживать, и содержание минералов в ней может количественно увеличиться (особенно железа и кальция) за счет уменьшения массы воды. Хотя при этом происходит определенная потеря антиоксидантов, свекла все же может обладать полезными свойствами наряду со своим качественным розоватым цветом [8].

Целью настоящего исследования является получение свекольной муки методом дегидратации из свежей свеклы и изучение ее пищевой ценности и антиоксидантных свойств. Задачи исследования: провести оценку пищевой ценности свекольной муки; изучить антиоксидантные свойства свекольной муки.

Условия и методы исследования. Данное исследование включало оценку пищевого, антиоксидантного потенциала свекольной муки.

Необходимыми материалами служили свежая свекла для производства муки и химикаты для проведения лабораторных исследований. Работа выполнена на кафедре «Технология и безопасность пищевых продуктов» Казахского национального аграрного исследовательского университета.

Создание свекольной муки. Корнеплод свеклы промывали водой, высушивают и нарезают тонкими ломтиками. Нарезанный продукт затем помещали на сетчатую ленту из нержавеющей стали и сушили на коммерческой сушилке с принудительной подачей воздуха при температуре 60°С и относительной влажности 40%. Время сушки составляло 24 часа, а максимальная температура продукта – 60°С. Затем высушенный продукт измельчали с помощью коллоидной мельницы для получения свекольной муки. Влагу в свекольной муке изучали согласно ГОСТ 28561-90. Жир в свекольной муке изучали согласно ГОСТ 8756.21-89. Углеводы и сырая клетчатка изучались по ГОСТ 34844-2022. Белок определяли методом Къельдаля. Железо определяли по ГОСТ ISO 9526-2017. Кальций определяли по ГОСТ 26570-95. Содержание витамина С определяли по ГОСТ 24556-89.

Оценку антиоксидантной активности проводили по DPPH, общее содержание фенолов, общее содержание флавоноидов и бетанину с использованием стандартных методик и оборудования [9-13]. DPPH-метод применяется для определения радикал-удерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила) [11,12].

Результаты исследований и их обсуждение. Химический состав свекольной муки приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав свекольной муки

Нутриенты	Свекольная мука
Влажность (г/100г)	6,25±0,22
Зола, г/100 г	7,76±0,12
Жир, г/100 г	1,56±0,12
Сырая клетчатка, г/100 г	5,1±0,15
Углеводы, г/100 г	76,68±1,2
Белок, г/100 г	1,72±0,25
Железо, мг/100 г	5,16±0,31
Кальций, мг/100 г	171,28±2,26
Витамин С, мг/100 г	4,5±0,32

Анализ химического состава свекольной муки дал следующие значения: 6,25 г влаги, 7,76 г золы, 1,56 г жира, 5,1 г сырой клетчатки, 76,68 г углеводов, 1,72 г белка, 5,16 мг железа, 171,28 мг кальция и 4,5 мг витамина С в 100 г свекольной муки соответственно. Настоящее исследование показало, что свекольная мука является хорошим источником углеводов, сырой клетчатки, железа, кальция и витамина С. Таким образом, она может быть использована в качестве ингредиента в производстве комбинированного корма для рыб.

Антиоксидантный анализ показал хорошую интенсивность антиоксидантной активности в свекольной муке, исследованной методом DPPH, как показано на рисунке 1.

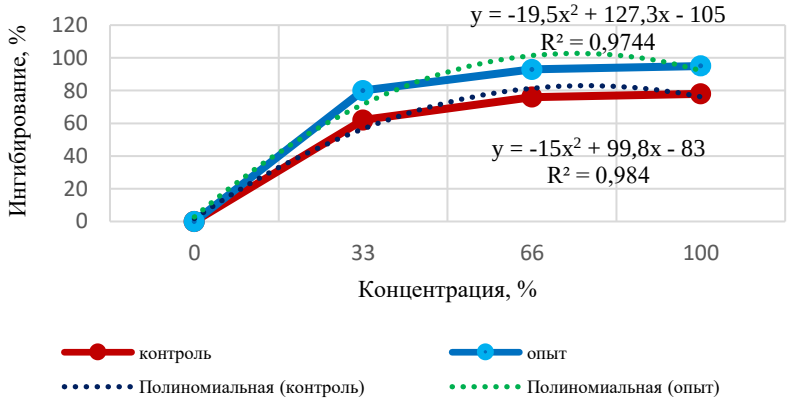


Рис. 1. Радикал-удерживающая способность свекольной муки

Измельченную массу из свеклы, в количестве 12,5 мг, высушивали до постоянной массы при температуре выше 100°С, помещали в мерную колбу, растворяли небольшим количеством метанола.

Далее для экспериментов подготавливали 5 мерных колб, отбирали опытные образцы от 0,1 до 0,5 мл раствора со свекольной мукой и хорошо встряхивали. Содержание флавоноидов изучали по общепринятой методике [2].

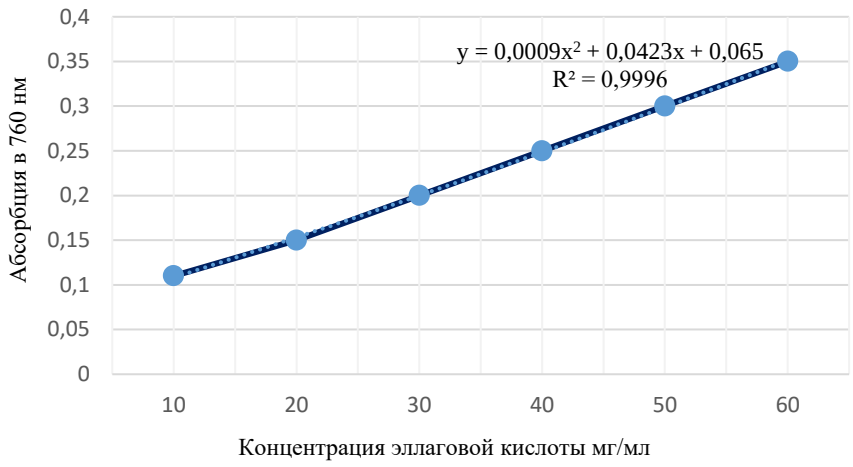


Рис. 2. Калибровочная кривая эллаговой кислоты с общим содержанием фенолов в свекольной муке

На основании измерения оптической плотности опытных образцов строили градуировочный график (рис. 2). На рисунке 2 оценено значение метанольного экстракта свекольной муки, которое составило 0,012 мг/мл по сравнению со стандартным значением аскорбиновой кислоты 0,007 мг/мл, что указывает на хорошую интенсивность антиоксидантной активности. Об этом также свидетельствует общее содержание фенолов, которое составило 66,7 мг/мл, как показано на рисунке 2.

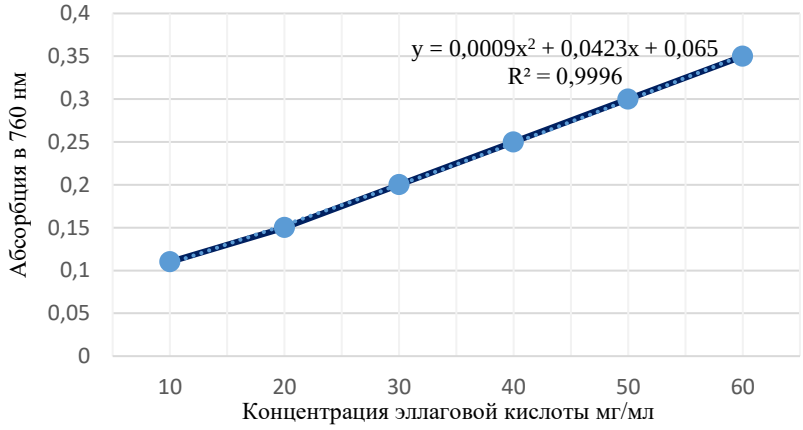


Рис. 3. Стандартная калибровочная кривая с общим количеством флавоноидов в свекольной муке

Общее содержание флавоноидов составило 2,57 мг/мл, как показано на рисунке 3 и бетанина 86 мг/100 г.

Оценено значение экстракта метанола свекольной муки, которое составило 0,012 мг/мл по сравнению со стандартным значением аскорбиновой кислоты 0,007 мг/мл, что указывает на хорошую интенсивность антиоксидантной активности.

Установлено общее содержание фенолов, которое составило 66,7 мг/мл, общее содержание флаваноидов – 2,57 мг/мл и количество бетанина –

86 мг/100 г. Выявлено, что свекольная мука, являясь растительным продуктом питания, может обеспечить организм рыб фитохимическими веществами, укрепляющими их здоровье.

Заключение. Актуальность данного исследования заключалась в определении радикал-удерживающей способности, общего содержания фенолов и флавоноидов в свекольной муке для корма рыб. Сделан вывод, что свекольная мука, будучи растительным продуктом питания, может обеспечить организм рыб фитохимическими веществами, укрепляющими их здоровье.

Список литературы

1. Гаджиева, С.Р. Химический состав, питательная ценность и лечебное применение свеклы [Текст] / С.Р. Гаджиева, Т.И. Алиева, Р.А. Абдуллаев [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – №5 (85). – С. 67-69.
2. Алексашина, С.А. Исследование химического состава и антиоксидантной активности моркови, свеклы и тыквы [Текст] / С.А. Алексашина, Н.В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 6. – С. 29-32.
3. Бриндза, Я. Исследование состава, свойств и антиоксидантной активности активированного сока столовой свеклы (Beta vulgaris) [Текст] / Я. Бриндза, Е.А. Кузнецова, О.Ю. Косолапова, С.М. Мотылева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – № 4(27). – С. 30-35.
4. Гараев, Ы. Химический состав и пищевая ценность свеклы [Текст] / Ы. Гараев, П. Бегджанов, Т. Мырадова // Вестник науки. – 2023. – Т. 2. – №10 (67). – С. 349-352.
5. Аванесов, В.М. Производство свекловичного порошка методом сублимации [Текст] / В.М. Аванесов, Ю.М. Плаксин, А.Н. Стрелюхина, В.А. Ларин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – №12. – С. 57-61.
6. Алёшин, В.Н. Исследование качества и пищевой ценности столовой свеклы сорта БОРДО 237 [Текст] / В.Н. Алёшин, Г.А. Купин, Е.Ю. Панасенко, Е.В. Великанова, О.В. Федосеева // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов: Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции. – [?], 2016. – С. 203-207.
7. Ахияров, Б.Г. Пищевая ценность корнеплодов сортов столовой свеклы [Текст] / Б.Г. Ахияров, А.Ф. Муллояров // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых: Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы. – [?], 2012. – С. 7-8.
8. Смертина, Е.С. Пищевая ценность и использование отходов переработки свеклы столовой [Текст] / Е.С. Смертина, О.Г. Чижикова, С.В. Лим, О.В. Косяченко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – №9. – С. 58-59.
9. Голубкина, Н.А. Антиоксиданты растений и методы их определения [Текст] / Н.А. Голубкина. – М.: Инфра-М, 2020.
10. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ или влаги [Текст]. – Введ. 01.07.91. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
11. Bandoniene D., Murkovic M. The detection of radical scavenging compounds in crude extract of borage by using an on-line HPLC-DPPH method // J. Biochem. Biophys. – 2002 – Vol. 53 – P. 45-49.
12. Ciz M., Cizovä H., Denev P., Kratchanova M., Slavov A., Lojek A. Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables // Food Control. – 2010. – Vol. 21. – P. 518-523.
13. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги [Текст]. – Введ. 01.07.91. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.

Материал поступил в редакцию 12.12.24, принят 06.02.25.

**Л.А. Қайымбаева[1], Я.М. Ұзақов[2], Н.Б. Исембердиева[1],
Ш.Ы. Кененбай[2], Ж.М. Сүлейменова[1], А.Н. Есенгазиева[2]**

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

БАЛЫҚ ТАҒАМЫН ӨНДІРУ ҮШІН ҚЫЗЫЛША ҰНЫНЫҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ МЕН АНТИОКСИДАНТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл зерттеудің мақсаты – балғын қызылшадан сусыздандыру арқылы қызылша ұнын алу. Осыдан кейін қызылша ұнының проксимальды және антиоксидантты талдауын қоса, тағамдық құндылығын бағалау жүргізілді. Аскорбин қышқылының 0,007 мг/мл стандартты мәнімен салыстырғанда 0,012 мг/мл қызылша ұнының метанол сығындысының мәні бағаланды, бұл антиоксиданттық белсенділіктің жақсы қарқындылығын көрсетеді. Фенолдардың жалпы мөлшері 66,7 мг/мл, флаваноидтардың жалпы мөлшері 2,57 мг/мл және бетаниннің мөлшері 86 мг/100 г болды. Қызылша ұны өсімдік тағамдық өнім бола отырып, балықтардың денсаулығын нығайтатын фитохимиялық заттармен қамтамасыз ете алатындығы анықталды.

Тірек сөздер: қызылша ұны, антиоксиданттық белсенділік, тағамдық құндылығы, фенолдар, флавоноидтар, бетанин.

**L.A. Kaimbayeva[1], N.B. Isemberdieva[1], YA.M. Uzakov[2],
Sh.Y. Kenenbay[2], J.M. Suleimenova[1], A.N. Essengaziyeva[2]**

[1]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF NUTRITIONAL VALUE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF BEETROOT FLOUR FOR FISH FEED PRODUCTION

Abstract. The aim of the present study is to produce beetroot flour by dehydration method from fresh beetroot. This was followed by nutritional evaluation including proximal and antioxidant analysis of beetroot flour. The methanol extract value of beetroot flour was estimated to be 0.012 mg/ml compared to the standard ascorbic acid value of 0.007 mg/ml, indicating good intensity of antioxidant activity. Total phenolic content was found to be 66.7 mg/ml, total flavanoids content was 2.57 mg/ml and betanin amount was 86 mg/100 g. It was found that beetroot meal, being a plant food, can provide fish organism with phytochemicals that enhance their health.

Keywords: beetroot flour, antioxidant activity, nutritional value, phenols, flavonoids, betanin.

References

1. Gadzhiyeva S.R., Aliyeva T.I., Abdullayev R.A. et al. Khimicheskiy sostav, pitatel'naya tsennost' i lechebnoye primeneniye svekly [Chemical composition, nutritional value and medicinal use of beets] // Young scientist. – 2015. – No. 5 (85). – P. 67-69. [in Russian].
2. Aleksashina S.A., Makarova N.V. Issledovaniye khimicheskogo sostava i antioksidantnoy aktivnosti morkovi, svekly i tykvy [Study of the chemical composition and antioxidant activity of carrots, beets and pumpkin] // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]. – 2016. – No. 6. – P. 29-32. [in Russian].
3. Brindza Ya., Kuznetsova Ye.A., Kosolapova O.YU., Motyleva S.M. Issledovaniye sostava, svoystv i antioksidantnoy aktivnosti aktivirovannogo soka stolovoy svekly

(Beta vulgaris) [Study of the composition, properties and antioxidant activity of activated juice of table beet (Beta vulgaris)] // Technology and merchandising of innovative food products. – 2014. – No. 4(27). – P. 30-35. [in Russian].

4. Garayev Y., Begdzhanov P., Myradova T. Khimicheskiy sostav i pishchevaya tsennost' svekly [Chemical composition and nutritional value of beets] // Bulletin of Science. – 2023. – Vol. 2. – No. 10 (67). – P. 349-352. [in Russian].
5. Avanesov V.M., Plaksin YU.M., Strelyukhina A.N., Larin V.A. Proizvodstvo sveklovichnogo poroshka metodom sublimatsii [Production of beet powder using the sublimation method] // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]. – 2015. – No. 12. – P. 57-61. [in Russian].
6. Aloshin V.N., Kupin G.A., Panasenko Ye.YU., Velikanova Ye.V., Fedoseyeva O.V. Issledovaniye kachestva i pishchevoy tsennosti stolovoy svekly sorta BORDO 237 [Study of quality and nutritional value of table beet variety BORDEAUX 237] // Collection of materials of the III All-Russian scientific and practical conference of young scientists and graduate students: Nauchnoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii [Scientific support of innovative technologies for the production and storage of agricultural and food products]. – [?], 2016. – P. 203-207. [in Russian].
7. Akhiyarov B.G., Mulloyarov A.F. Pishchevaya tsennost' korneplodov sortov stolovoy svekly [Nutritional value of root crops of table beet varieties] // Materialy V Materials of the V All-Russian scientific and practical conference of young scientists: Molodezhnaya nauka i APK: problemy i perspektivy [Youth science and the agro-industrial complex: problems and prospects]. – [?], 2012. – P. 7-8. [in Russian].
8. Smertina Ye.S., Chizhikova O.G., Lim S.V., Kosyachenko O.V. Pishchevaya tsennost' i ispol'zovaniye otkhodov pererabotki svekly stolovoy [Nutritional value and use of table beet processing waste] // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]. – 2004. – No. 9. – P. 58-59. [in Russian].
9. Golubkina N.A. Antioksidanty rasteniy i metody ikh opredeleniya [Plant antioxidants and methods for their determination]. – Moscow: Infra-M, 2020. [in Russian].
10. GOST 28562-90. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Refraktometricheskiy metod opredeleniya rastvorimykh sukhikh veshchestv ili vlagi [Processed fruits and vegetables. Refractometric method for determining soluble solids or moisture]. – Introduced. 01.07.91. – Moscow: Standartinform, 2010. – 12 p. [in Russian].
11. Bandoniene D., Murkovic M. The detection of radical scavenging compounds in crude extract of borage by using an on-line HPLC-DPPH method // J. Biochem. Biophys. – 2002 – Vol. 53 – P. 45-49.
12. Ciz M., Cizovä H., Denev P., Kratchanova M., Slavov A., Lojek A. Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables // Food Control. – 2010. – Vol. 21. – P. 518-523.
13. GOST 28561-90. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya sukhikh veshchestv ili vlagi [Processed fruit and vegetable products. Methods for determination of dry matter or moisture]. – Introduced. 01.07.91. – Moscow: Standartinform, 2011. – 11 p. [in Russian].

МРНТИ 65.31.09

А.Б. Оспанов[1] – *основной автор*,
Е. Загорска[2], **Д.А. Тлевлесова**[3],
Р.К. Макеева[4], **А.Т. Мамбешова**[5]

©

[1]Д-р техн. наук, профессор, [2,3]PhD, ассоц. профессор, [4]Инженер-технолог, [5]Докторант

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-2396-3419 [2]https://orcid.org/0000-0002-8187-9154 [3]https://orcid.org/0000-0002-5084-6587 [4]https://orcid.org/0000-0001-6344-4301 [5]https://orcid.org/0000-0002-2306-8337*

[1]Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Латвийский университет биологических наук и технологий, г. Жельгава, Латвия
[3]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[4,5]Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности, г. Алматы, Казахстан
[5]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

@ *[5]a.mambeshova@rpf.kz*

https://doi.org/10.55956/UJEF4733

РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА С ДОБАВЛЕНИЕМ ФРУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Целью данной статьи является систематический обзор и анализ текущих исследований по разработке творожных изделий на основе овечьего молока с добавлением фруктов для детского питания. Рассмотрены научные публикации и патенты, описывающие методы повышения питательной ценности, улучшения вкусовых качеств и увеличения срока хранения таких продуктов. Выявлены основные проблемы и направления для дальнейших исследований. Представлены методы анализа, результаты и выводы с подробным описанием каждой задачи исследования. В статье рассматривается использование овечьего молока для производства детских молочных продуктов, обогащенных фруктами и пробиотиками. Приведены результаты исследования физико-химического состава овечьего молока различных пород, выращиваемых в Казахстане, и их сезонных изменений. Исследованы эффекты натуральных добавок на антиоксидантные и пребиотические свойства продукта, текстуру и питательную ценность. Разработаны рекомендации для производства высокопитательных детских творожных изделий, которые могут способствовать укреплению здоровья. Данная работа представляет научную и практическую ценность для промышленного производства детского питания на основе овечьего молока.

Ключевые слова: овечье молоко, детские творожки, наполнители, добавки, функциональные продукты, питательная ценность, стабильность, срок хранения.

Оспанов, А.Б. Разработка творожных изделий на основе овечьего молока с добавлением фруктов для детского питания [Текст] / А.Б. Оспанов, Е. Загорска, Д.А. Тлевлесова, Р.К. Макеева, А.Т. Мамбешова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.105-111. https://doi.org/10.55956/UJEF4733

Введение. В настоящее время ассортимент пищевых продуктов, содержащих полезные для здоровья вещества, значительно расширен. Овечье молоко ценится еще и тем, что его компоненты подходят для детского питания. Эти компоненты высоко соответствуют потребностям человека и широко используются во всем мире [1]. Овечье молоко в промышленных объемах практически не производится в Казахстане, хотя в других странах наблюдается рост потребления овечьего молока и продуктов его переработки. Его свойства высоко оцениваются по сравнению с коровьим молоком, как по содержанию различных витаминов и микроэлементов, так и по питательным характеристикам. Необходимо еще отметить, что белок овечьего молока менее аллергенен, чем коровьего молока, поэтому его рекомендуют употреблять людям, склонным к аллергическим заболеваниям [2].

Разработка детских творожных изделий на основе овечьего молока с добавлением фруктов является важной задачей в современной пищевой промышленности. Для исследования в разработке детских творожных изделий с использованием натуральных добавок, таких как фрукты и пребиотики. Включение фруктов позволяет обогатить продукт витаминами, антиоксидантами и клетчаткой, улучшая вкусовые и питательные качества. Исследование влияния различных технологических параметров на качество и стабильность продукта представляет собой новый вклад в развитие науки о пищевых продуктах [3].

Мировой рынок овечьего молока и его продуктов растет из-за более высокого спроса на сыр и традиционные молочные продукты, и в качестве новинки овечье молоко является ингредиентом детских смесей и нутрицевтиков. В настоящее время Китай является крупнейшим в мире производителем овечьего молока. В 2021/22 году Китай произвел 1 273 864 тонны овечьего молока. Турция является вторым по величине производителем овечьего молока в мире с объемом производства 1 143 762 тонны. Греция (951 650) – третья страна, Сирийская Арабская Республика (703 351) – четвертая страна, а Испания (560 300) – пятая страна в мире по производству овечьего молока. В Люксембурге самое низкое производство овечьего молока в мире: всего 110 тонн в 2021/22 году [4-6].

Цель исследования – разработка и оценка качества творожных изделий на основе овечьего молока с добавлением фруктов для детского питания. Задачи исследования: провести систематический обзор литературы по теме разработки детских молочных продуктов из овечьего молока с добавлением фруктов, оценить питательную ценность и функциональные свойства таких продуктов, изучить технологические аспекты производства творожных изделий на основе овечьего молока и фруктов, определить возможные проблемы и вызовы, связанные с разработкой этих продуктов.

Условия и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории ТОО «Нутритест». В качестве объектов исследования использовались: овечье молоко, полученное от местных ферм, фруктовые добавки (чёрноплодная рябина, яблочная клетчатка), пробиотики (Bifidobacterium BB-12), инулин и микропартикулированные сывороточные белки.

При выполнении работы использовали стандартные, общепринятые методы: органолептическая сенсорная оценка вкуса, аромата и текстуры с участием дегустаторов по ТУ,ТИ 10.51.11-154-37676459-2019 Молоко питьевое овечье пастеризованное [7-8]; химический анализ методом спектрометрии и хроматографии для определения содержания белков, жиров,

углеводов, витаминов и минералов [9]; физико-химический анализ: измерение pH, влагосодержание, текстура продукта [10]; и микробиологический анализ: культуральные методы и ПЦР-анализ для оценки микробиологической безопасности и пробиотической активности [11]. Все анализы кроме органолептического проводилась в лаборатории ТОО «Нутритест». По данному протоколу, испытытание образца: творога на основе овечьего молока проводилось в условиях температуры от 20,5 до 24,5°С при относительной влажности 68-73%.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования зарубежных ученых и наши поиски подтверждают высокотехнологичность и эффективность использования овечьего и козьего молока для производства детских молочных продуктов. Целью данного обзора является выяснение используемых принципов и методов в производстве детских молочных продуктов на основе овечьего молока.

Результаты исследования физико-химического состава и технологических свойств овечьего и козьего молока в годовом периоде лактации (с июня по август 2021 года) по 4 породам овец (Казахский тонкорунный, Южноказахский меринос, Едильбай и Иль Де Франц) и 4 породам коз (Зааненская, Нубийская, Альпийская и Бурская) в разных регионах Казахстана. В связи с тем, что количество и качество молока в зависимости от корма и сезона года, было изучено изменение содержания жира и белка. Разница в содержании белка в летний период составляет от 0,1 до 0,5%, качество содержания жира отмечалось в августе (5,4% для овец и 3,6% для коз), самое низкое в июльском месяце (4,9% для овец и 3,2% для коз), это связано с климатическими условиями [12,13].

В овечьем молоке находится почти вся таблица Менделеева – микро- и макроэлементы, минералы, комплекс витаминов, которые считаются жирорастворимыми, а значит, легко усваиваются организмом. Если сравнивать с коровьим продуктом по содержанию витамина Д, то в первом его 0,04 г, а в овечьем 0,18 г. В состав входят полиненасыщенные, мононенасыщенные и насыщенные кислоты, аминокислоты (незаменимые и заменимые), глобулин, альбумин, казеин и многое другое [14-16].

Продукт способствует: укреплению всего опорно-двигательного аппарата; улучшению работоспособности сердечно-сосудистой, иммунной системы; восстановлению состояния волос и кожи; нормализации остроты зрения; ускорению метаболизма; устранению анемии, дистрофий, анорексии, головной боли, проблем с ЦНС и т.д. [6].

Результаты проведенные по физико-химическим и микробиологическим анализам исследования творожного изделия на основе овечьего молока приведены в Таблице 1.

Молоко овечье является ценным продуктом благодаря своему богатому набору витаминов и микроэлементов. Этот молочный продукт содержит около 23% белков, что значительно выше по сравнению со многими другими видами молочных продуктов. Высокий уровень белков делает этот продукт особенно полезным для восстановления мышечной ткани и поддержания общей энергетической ценности питания. Так как овечье молоко богато витаминами А и В12, оно обеспечивает около 15% дневной нормы этих витаминов, что поддерживает здоровье зрения и кожи. В состав овечьего молока входит 1,3% кальция и в этом молочном продукте из овечьего молока мы смогли сохранить всю ценность и питательность в продукте.

Таблица 1

Физико-химический и микробиологический анализ творожного изделия на основе овечьего молока

Наименование показателей, ед.измер	Допустимые нормы по НД	Фактически получено	Обозначение НД на методы испытаний
Пищевая ценность,г/100г			
Белки	-	23,55±1,41	ГОСТ 23327-98
Жиры	-	13,48±0,04	ГОСТ 5867-90
Углеводы	-	2,78±0,14	И.М.Скурихин, вып. 1,1987г
Влага	-	56,76±2,84	ГОСТ 3626-73
Зола	-	3,43±0,17	ГОСТ 15113.8-77
Энергетическая ценность, ккал/кДж на 100г	-	226,64±948,26	И.М.Скурихин, вып. 1, 1987г
Микробиологические:			
Патогенные м-мы в т.ч.сальмонеллы, в 25г	Не доп.	Не обнаружен	ГОСТ 31659-2012
Дрожжи, КОЕ/г, не более	100	$<5x10^1$	ГОСТ 33566-2015
Плесени, КОЕ/г, не более	50	$<1.0x10^1$	ГОСТ 33566-2015

Обобщены результаты исследований по использованию различных добавок в детские творожные изделия. Выявлено, что основные добавки включают фрукты, пребиотики и пробиотики, что значительно улучшает питательную ценность и функциональные свойства продуктов [16]. Результаты по влиянию добавок на качество творожных изделий приведено в Таблице 2.

Таблица 2

Влияние добавок на качество творожных изделий

Наименование добавки	Происхождение	Результат	Источник
Чёрноплодная рябина (Chokeberry)	Натуральное	Повышение антиоксидантной активности	Szajnar et al., 2021 [2]
Инулин	Натуральное	Улучшение текстуры и пребиотической активности	Kowalczyk et al., 2022 [3]
Пробиотики (Bifidobacterium BB-12)	Натуральное	Повышение пробиотической активности	Lai et al., 2024 [10]
Яблочная клетчатка (Apple fiber)	Натуральное	Повышение клетчаточного содержания	Kowalczyk et al., 2022 [3]
Микропартикулированные сывороточные белки	Синтетическое	Улучшение текстуры и белкового содержания	Lai et al., 2024 [1]

Использование овечьего молока и фруктов обогащает детские творожные изделия, делая их более полезными и вкусными. По результатам, представленным в Таблице 2, можно увидеть, что все добавки натуральные, за исключением сыворотки белка. Тем не менее наблюдается повышение антиоксидантной и пробиотической активности и улучшена текстура белкового содержания.

Использование фруктовых добавок и пробиотиков значительно улучшает питательную ценность и функциональные свойства продукта. Продукты с добавлением инулина и пробиотиков имеют улучшенную текстуру и пребиотическую активность [6]. Продукты на основе овечьего молока с фруктами и пробиотиками могут способствовать улучшению здоровья детей за счёт высоких питательных и функциональных свойств. Влияние различных добавок на текстуру и питательную ценность творожных изделий указано на рисунке 1.

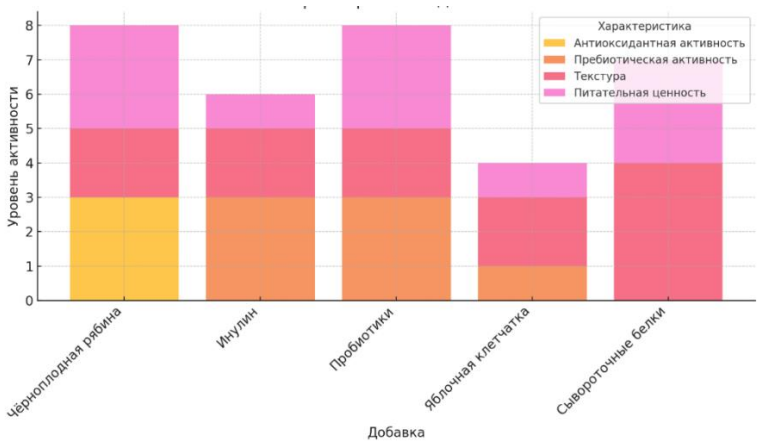


Рис. 1. Характеристика добавок

Технологические параметры, такие как температура и время ферментации, критически важны для получения продукта с высокими качественными характеристиками. Основные проблемы включают микробиологическую безопасность и сроки хранения продуктов. Добавление фруктов может снижать стабильность продукта, что требует дополнительных исследований по улучшению сроков хранения. Необходимо разработать эффективные методы консервации и упаковки для увеличения срока годности продуктов. Разработаны рекомендации для промышленного производства, включающие оптимизацию рецептур и технологий. Внедрение пробиотиков и фруктовых добавок в производственный процесс показало высокую эффективность [6,17]. Предложенные методы могут быть использованы для масштабного производства творожных изделий на основе овечьего молока с фруктами, что удовлетворит потребности рынка детского питания. Сравнение полученных данных с результатами других исследований подтверждает эффективность использования овечьего молока для создания функциональных продуктов. В отличие от продуктов на основе коровьего молока, овечье молоко демонстрирует высокую питательную ценность и содержит больше полезных веществ, таких как витамины D и кальций. Натуральные добавки позволили улучшить текстуру и вкусовые качества продукта, а также его функциональные свойства, включая антиоксидантную активность.

Заключение. Исследование подтвердило высокую эффективность использования овечьего молока и фруктовых добавок в детском питании. Разработанные рекомендации могут быть использованы для создания новых продуктов, способных удовлетворить потребности детей в питательных веществах и улучшить их здоровье.

Проведенное исследование подтвердило целесообразность использования овечьего молока для создания детских молочных продуктов с высокими питательными и лечебными свойствами. Полученные результаты и разработанные рекомендации могут стать основой для внедрения таких продуктов в промышленное производство в Казахстане. Овечье молоко, обогащенное фруктами и пробиотиками, может улучшить состояние здоровья детей, удовлетворяя их потребности в питательных веществах.

Список литературы

1. Lai G. et al. Development and Characterization of a Functional Ice Cream from Sheep Milk Enriched with Microparticulated Whey Proteins, Inulin, Omega-3 Fatty Acids, and Bifidobacterium BB-12® // Dairy. – 2024. – Vol. 5. – No. 1. – P. 134-152.
2. Szajnar K., Pawlos M., Znamirowska A. The Effect of the Addition of Chokeberry Fiber on the Quality of Sheep's Milk Fermented by Lactobacillus rhamnosus and Lactobacillus acidophilus // International Journal of Food Science. – 2021. – Vol. 2021. – No. 1. – P. 7928745.
3. Kowalczyk M. et al. Sheep milk symbiotic ice cream: effect of inulin and apple fiber on the survival of five probiotic bacterial strains during simulated in vitro digestion conditions // Nutrients. – 2022. – Vol. 14. – No. 21. – P. 4454.
4. Chen T. et al. Functional probiotics of lactic acid bacteria from Hu sheep milk // BMC microbiology. – 2020. – Vol. 20. – P. 1-12.
5. Ospanov A. et al. Development of Probiotic Yogurt from Small Cattle Milk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 118. – No. 11.
6. Singh R. Sheep Milk: Production to Product // Processing and Quality Evaluation of Postharvest products of Sheep and Rabbits [E-book] Hyderabad: CSWRI, 2022. – 15 p.
7. Belinska K., Falendysh N., Marusei T. Study of efficiency and quality of dry milk mixtures for baby nutrition in the storage process // Food Science & Technology (2073-8684). – 2021. – Vol. 15. – No. 4.
8. Garzón A. et al. Derivation of multivariate indices of milk composition, coagulation properties, and curd yield in Manchega dairy sheep // Journal of Dairy Science. – 2021. – Vol. 104. – No. 8. – P. 8618-8629.
9. Pazzola M. et al. Cheese yield and nutrients recovery in the curd predicted by Fourier-transform spectra from individual sheep milk samples // Journal of Dairy Science. – 2023. – Vol. 106. – No. 10. – P. 6759-6770.
10. Bhatia S., Tandon D. Nutritional, therapeutic and functional aspects of goat milk based products fortified with fruit beverages // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2021. – Vol. 10. – No. 4S. – P. 04-16.
11. Song X. Comparison of simulated gastric digestion behaviour of commercial infant formulae made with cow, goat and sheep milk: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Food Technology, Massey University, Manawatu, New Zealand : thesis. – Massey University, 2022.
12. US Patent 8,071,622 B2, Dairy product comprising fruit extract, filed December 6, 2011, issued December 6, 2011.
13. EU Patent EP2521230 A1, Dairy product with oligosaccharides, filed November 7, 2012, issued November 7, 2012.
14. Lai G. et al. Functional probiotics of lactic acid bacteria from Hu sheep milk // BMC microbiology. – 2020. – Vol. 20. – P. 1-12.
15. Nudda A. et al. Effects of nutrition on main components of sheep milk // Small Ruminant Research. – 2020. – Vol. 184. – P. 106015.
16. Konopleva G.F., Lapshina L. V. Zamenitel' molochnogo zhira - produkt zdorovogo pitaniya [Milk fat substitute - a healthy food product] // Pererabotka moloka. – 2015. – No. 10 (192). – P. 80-83. [in Russian].
17. Thomas D.L., Haenlein G.F.W. Sheep milk: Production of sheep milk // Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals: Second Editionthis link is disabled. – 2017. – P. 181-209.

Материал поступил в редакцию 12.12.24, принят к публикации 06.02.25.

А.Б. Оспанов[1], Е. Загорска[2], Д.А. Тлевлесова[3], Р.К. Макеева[4], А.Т. Мамбешова[4,5]

[1]Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Латвия биологиялық ғылымдар және технологиялар университеті, Желгава қ., Латвия
[3]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[4]Қазақ тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан
[5]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

БАЛАЛАР ТАҒАМЫНА АРНАЛҒАН ЖЕМІСТЕР ҚОСЫЛҒАН ҚОЙ СҮТІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН СҮЗБЕ ӨНІМДЕРІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Бұл мақаланың мақсаты – балалар тағамына арналған жемістер қосылған қой сүтіне негізделген сүзбе өнімдерін әзірлеу бойынша ағымдағы зерттеулерге жүйелі шолу және талдау. Тағамдық құндылығын арттыру, дәмін жақсарту және мұндай өнімдердің сақтау мерзімін ұзарту әдістерін сипаттайтын ғылыми жарияланымдар мен патенттер қарастырылады. Әрі қарай зерттеудің негізгі мәселелері мен бағыттары анықталды. Зерттеудің әр тапсырмасын егжей-тегжейлі сипаттайтын талдау әдістері, нәтижелері мен қорытындылары ұсынылған. Мақалада жемістер мен пробиотиктермен байытылған нәресте сүтін өндіру үшін қой сүтін пайдалану қарастырылады. Қазақстанда өсірілетін түрлі тұқымды қой сүтінің физика-химиялық құрамын және олардың маусымдық өзгерістерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Табиғи қоспалардың өнімнің антиоксидантты және пребиотикалық қасиеттеріне, құрылымы мен тағамдық құндылығына әсері зерттелді. Денсаулықты нығайтуға ықпал ететін жоғары қоректік балалар сүзбе өнімдерін өндіруге арналған ұсыныстар әзірленді. Бұл жұмыс қой сүтіне негізделген балалар тағамын өнеркәсіптік өндіру үшін ғылыми және практикалық құндылық болып табылады.

Тірек сөздер: қой сүті, нәресте сүзбесі, толтырғыштар, қоспалар, функционалды тағамдар, тағамдық құндылығы, тұрақтылығы, сақтау мерзімі.

A.B. Ospanov[1], E. Zagorska[2], D.A. Tlevlesova[3], R.K. Makeeva[4], A.T. Mambeshova[4,5]

[1]International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Latvian University of Biological Sciences and technologies, Zhelgava, Latvia
[3]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[4]Kazakh Research Institute of food and processing industry, Almaty, Kazakhstan
[5]M.Kh. Dulaty Taraz university, Taraz, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF COTTAGE CHEESE PRODUCTS BASED ON SHEEP'S MILK WITH FRUITS FOR BABY FOOD

Abstract. The purpose of this article is a systematic review and analysis of current research on the development of cottage cheese products based on sheep's milk with added fruits for baby food. Scientific publications and patents describing methods of increasing the nutritional value, improving the taste qualities and extending the shelf life of such products are considered. The main problems and directions for further research have been identified. The methods of analysis, results and conclusions are presented with a detailed description of each research task. The article discusses the use of sheep's milk for the production of baby dairy products fortified with fruits and probiotics. The results of a study of the physico-chemical composition of sheep's milk of various breeds grown in Kazakhstan and their seasonal changes are presented. The effects of natural supplements on the antioxidant and prebiotic properties of the product, texture and nutritional value have been investigated. Recommendations have been developed for the production of highly nutritious children's cottage cheese products that can promote health. This work is of scientific and practical value for the industrial production of baby food based on sheep's milk.

Keywords: sheep's milk, baby curds, fillers, additives, functional products, nutritional value, stability, shelf life.

ҒТАМР 65.33.41

Г.Е. Аубакирова[1] – *негізгі автор*,
Н.А. Еріш[2], Ж.К. Бекмухамбетова[3], Т.С. Төлеміс[4]

[1,2,3,4]Аға оқытушы

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0006-3072-7245 [2]https://orcid.org/0000-0002-4494-4885*
[3]https://orcid.org/0009-0001-7156-3412 [4]https://orcid.org/0009-0000-3576-7533

[1,2,3,4]Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті,
Қостанай қ., Қазақстан

@ *[1]aubarirova.10.67@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/VQEL4538

ҚЫЗЫЛША ШЫРЫНЫН ҚОЛДАНЫП ЖАСАЛАТЫН МАКАРОН ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Бұл мақала макарон өнімдерін өндіру процесінде қызылша шырынын әлеуетті қолдану туралы зерттеуді ұсынады. Ол қызылша шырынын қосудың макарон сапасының әртүрлі аспектілеріне, соның ішінде олардың құрылымына, түсіне, дәміне және тағамдық құндылығына әсерін қарастырады. Авторлар қызылша шырынын әртүрлі концентрацияларымен және оны өндіріс процесіне енгізудің оңтайлы әдістерімен эксперименттер жүргізеді. Сонымен қатар, олар қызылша шырынымен байытылған макарон өнімдерін тұтынудың денсаулыққа тигізетін пайдасын талдайды, атап айтқанда, қызылшадағы антиоксиданттар мен басқа биологиялық белсенді заттардың көп болуына байланысты. Зерттеу нәтижелері өнімнің ассортиментін кеңейтуге және сапасын жақсартуға ұмтылатын өнеркәсіптік макарон өндірушілері үшін, сондай-ақ салауатты және инновациялық тамақтануға қызығушылық танытатын тұтынушылар үшін пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: ұн, бидай ұны, қызылша, қызылша шырыны, макарон өнімдері, технология, тағамдық құндылығы, рецепт.

Аубакирова, Г.Е. Қызылша шырынын қолданып жасалатын макарон өнімдерінің технологиясы [Мәтін] / Г.Е. Аубакирова, Н.А. Еріш, Ж.К. Бекмухамбетова, Т.С. Төлеміс //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.112-120. https://doi.org/10.55956/VQEL4538

Кіріспе. Салауатты өмір салты мен тамақтануға назар аудару барған сайын маңызды болып отырған қазіргі әлемде тамақ өнімдерінің сапасын жақсартудың инновациялық тәсілдерін іздестіру тамақ технологиялары саласындағы ғылыми зерттеулердің ажырамас бөлігіне айналуда. Осындай әлеуетті перспективалы бағыттардың бірі тағамдық қасиеттерін және өнімдердің функционалдығын жақсарту үшін табиғи ингредиенттерді пайдалану болып табылады. Осыған байланысты қызылша шырыны – антиоксиданттар, витаминдер және минералдар сияқты биологиялық белсенді заттардың бай көзі – макарон өнімдерінің сапасы мен қоректік құндылығын жақсартуға әлеуетті компонент ретінде зерттеушілердің назарын аударады.

Қызылша шырыны, дәрумендер мен минералдардың табиғи көзі болып табылатындықтан басқа, ерекше бояу қасиеттеріне ие, бұл бірегей сыртқы

көрінісі мен қосымша тағамдық артықшылықтары бар макарон өнімдерін жасау үшін жаңа перспективалар ашады. Алайда, қызылша шырынын макарон өнімдерінің өндірісіне енгізбес бұрын, оның текстурасын, түсін, дәмін және тағамдық құндылығын қоса алғанда, өнімнің түрлі аспектілеріне әсерін бағалау үшін мұқият зерттеулер жүргізу қажет.

Бұл мақалада біз қызылша шырынын пайдалана отырып, макарон өнімдерін өндіру технологиясына арналған зерттеулердің шолуын ұсынамыз. Біз қызылша шырынын қосудың макарон өнімдерінің сапасына әсерін, оны өндіріске енгізу процестерін, денсаулық үшін әлеуетті артықшылықтарды және осы технологияны тамақ өнеркәсібінде қолдану перспективаларын қарастырамыз. Біздің зерттеуіміздің нәтижесінде біз заманауи тұтынушының сұранысын қанағаттандыратын және оның денсаулығы мен амандығына ықпал ететін инновациялық өнімдерді дамыту үшін жаңа перспективалар мен инсайттарды ұсынамыз деп үміттенеміз.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Мақаланың міндеттері:

– қызылша шырынын пайдалана отырып макарон өнімдерін өндіру рецептурасын әзірлеу;

– қызылша шырынынан жасалған макарон өнімдерінің органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштерін талдау;

– қызылша шырынынан жасалған макарон өнімдерінің тағамдық және энергетикалық құндылығын анықтау.

Макарон өнімдері Қазақстан Республикасы тұрғындарының тамақтануында маңызды рөл атқарады. Макарондар қазақ тағамдарының дәстүрлі тағамдарының бірі болып табылады. Олар лагман, бешбармақ және басқалары сияқты әртүрлі ұлттық тағамдарда кеңінен қолданылады. Қатаң континенттік климат жағдайында макарон өнімдері энергияның ыңғайлы және қоректік көзі болып табылады. Олар оңай сақталады және дайындалады, бұл оларды жергілікті халық үшін танымал таңдау етеді. Сондай-ақ, макарон өнімдерінің түрлері мен түрлерінің әртүрлілігі әртүрлі дәмдік артықшылықтарды және аспаздық қажеттіліктерді қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Дәстүрлі макароннан бастап диеталық және вегетариан тағамдарына арналған арнайы сорттарға дейін Қазақстанда макарон өнімдерінің ассортименті кең.

Макарон өнімдері салыстырмалы түрде арзан, халық үшін қолжетімді өнім болып табылады, бұл оларды бюджеттік тамақтану үшін танымал таңдау етеді. Қызылша шырыны сияқты жаңа технологиялар мен ингредиенттерді макарон өнімдерінің өндірісіне енгізу оларға қосымша тағамдық артықшылықтар беруі және олардың сапасын жақсартуы мүмкін, бұл қазіргі заманғы тұтынушының салауатты және әртүрлі тамақтану талаптарына сәйкес келеді [1].

Макарон өнімдері қоректік заттардың жақсы көзі болып табылады, соның ішінде:

– Көмірсулар: организм үшін энергияның басты көзі. Макарон өнімдеріндегі көмірсулар организмде глюкозаға дейін ыдырайтын және жасушаларға отын ретінде пайдаланылатын крахмал түрінде ұсынылған.

– Ақуыздар: макарон өнімдерінде аз мөлшерде ақуыз бар. Ақуыздар ағзадағы тіндердің өсуі, қалпына келуі және қызмет көрсетуі үшін қажет.

– В тобындағы дәрумендер: макарон өнімдерінде тиамин (B1), рибофлавин (B2), ниацин (B3) және фолий қышқылы (B9) сияқты В

тобындағы дәрумендер бар. Бұл дәрумендер зат алмасуда және жүйке жүйесінің денсаулығын сақтауда маңызды рөл атқарады.

– Минералдар: макарон өнімдерінде темір, магний және мырыш сияқты минералдар бар. Темір қанның пайда болуы үшін қажет, магний сүйектер мен бұлшық еттердің денсаулығын сақтайды, ал мырыш иммундық жүйеге және зат алмасуға қатысады.

– Диеталық талшықтар: макарон өнімдеріндегі диеталық талшықтардың құрамы өте жоғары болмаса да, олардың құрамында белгілі бір мөлшерде клетчатка болуы мүмкін, бұл асқазан-ішек жолдарының денсаулығына және ас қорыту жүйесінің жақсаруына ықпал етеді.

– Майлар мен холестериннің төмен деңгейі: құрғақ макарон өнімдері, әдетте, аз мөлшерде майлар мен холестеринді қамтиды, бұл оларды өз денсаулығы мен салмағын қадағалайтындар үшін тамаша таңдау етеді [2].

Қызылшаны макарон өнімдеріне енгізу оларға қосымша тағамдық артықшылықтар беріп, олардың сапасын жақсартуы мүмкін. Макарон өнімдеріне арналған қамырға қызылша шырынын қосу оларды витаминдермен, минералдармен және антиоксиданттармен байытып, өнімді анағұрлым құнарлы етеді. Қызылша шырыны макарон өнімдеріне бірегей дәм мен хош иіс бере алады, бұл оларды тұтынушылар үшін тартымды етеді. Қызылшаның бояу қасиеттері макарон өнімдеріне қызғылт немесе күлгін түс береді, бұл оларды эстетикалық және тәбетті етеді. Қызылшаны макарон өнімдеріне енгізу өндірушілерге өнім ассортиментін кеңейтуге және тұтынушыларға неғұрлым салауатты және инновациялық нұсқаларды ұсынуға мүмкіндік береді [3].

Қызылша – көп қырлы өсімдік, ол тағамдық дақыл, мал азығы, сондай-ақ қант көзі ретінде пайдаланылады. Ол қалыпты климаттық жағдайларда өседі және көлемі, пішіні, түсі және дәмі бойынша ерекшеленетін көптеген сорттары бар. Ол сондай-ақ организмді жасушалардың зақымдануынан қорғауға көмектесетін антиоксиданттардан тұрады.

Қызылша аспаздығында гарнир, салаттар, сорпалар, дәмдеуіштер үшін, сондай-ақ консервілеу және шырын дайындау үшін ингредиент ретінде пайдаланылады. Оның табиғи қанты оны сироптар мен кәмпиттерді дайындаудың танымал компонентіне айналдырады [4].

Қызылша өзінің емдік қасиеттерінің арқасында медицинада кеңінен қолданылады. Мысалы, қызылша шырыны артериялық қысымды төмендету, бауырды тазарту және қан айналымын жақсарту үшін пайдаланылады [5].

Қызылша – денсаулыққа пайдалы қасиеттері көп көкөніс. Қызылшада витаминдер (А, С, К), минералдар (темір, магний, калий), антиоксиданттар және диеталық талшықтар бар. Бұл элементтер жүректің, иммундық жүйенің және зат алмасудың денсаулығын сақтайды.

Қызылшадағы диеталық талшықтар ішек жұмысын ынталандырып және іш қатуды болдырмай, ас қоректендіруді жақсартуға көмектеседі. Сондай-ақ қызылшада қан қысымын төмендетуге және жүрек-қан тамырлары ауруларының қаупін төмендетіп, қан айналымын жақсартуға көмектесетін табиғи нитраттар бар. Қызылшадағы антиоксиданттар ағзаны еркін радикалдардың әсерінен қорғауға көмектеседі, бұл қартаю процесін баяулатады және қатерлі ісік қаупін азайтады [6].

Осылайша, қызылша өзінің қоректік қасиеттері мен әртүрлі пайдалану тәсілдерінің арқасында тамақ өнеркәсібінде, медицинада және ауыл

шаруашылығында қолданылатын әмбебап және пайдалы өсімдік болып табылады.

Қызылша шырыны қосылған макарондардың техникалық қасиеттері қосу пропорциясына және өндіріс тәсіліне байланысты өзгерістерге ұшырауы мүмкін. Бірнеше ықтимал техникалық аспектілер:

1. Консистенция: қызылша шырынын қосу макарон қамырының консистенциясына әсер етуі мүмкін, өйткені қызылша шырынында қамырдың текстурасын өзгертетін су мен қант бар. Макаронның қалаған консистенциясы мен серпімділігін сақтау үшін осы қоспаны теңестіру қажет.

2. Түсі: қызылша шырыны макарондарға қызыл немесе күлгін түс береді, бұл эстетикалық тартымды өнім жасау үшін қажет болуы мүмкін. Алайда, түсінің қарқындылығы қызылша шырынының шоғырлануына байланысты өзгеретінін ескеру қажет.

3. Пісіру: қызылша шырыны қосылған макарондар түсі мен консистенциясының өзгеруін болдырмау үшін пісіру кезінде неғұрлым мұқият бақылауды талап етуі мүмкін. Сондай-ақ қызылша шырыны пісіру жылдамдығына және макаронның серпімділік дәрежесіне әсер ететінін ескеру маңызды.

4. Сақтау: қызылша шырыны макаронды сақтауға әсер етуі мүмкін, өйткені оның құрамында өнімнің ферменттенуіне және дәмін өзгертуге мүмкіндік беретін қант бар. Сапаның жоғалуын болдырмау үшін дұрыс буып-түюді және сақтау шарттарын қамтамасыз ету қажет.

Жалпы алғанда, қызылша шырыны бар макаронның техникалық қасиеттері бірегей болуы мүмкін және соңғы өнімде қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін өндіріс кезінде қосымша назар аударуды талап етеді [7].

Қызылша шырыны бар макарондарды сақтау олардың сапасы мен жаңаруын ұзақ уақыт сақтау үшін белгілі бір жағдайларды талап етеді. Қызылша шырыны қосылған макарондарды дайындағаннан кейін оларды мөлдір емес, герметикалық контейнерлерге немесе пакеттерге буып-түю қажет. Бұл өнімді жарықтан, ылғалдан және ауадан қорғауға көмектеседі, бұл макаронның түсі мен дәмін сақтауға көмектеседі. Оралған макарондарды салқын, құрғақ және қараңғы жерде сақтау. Қызылша шырыны бар макарондарды сақтау кезінде ылғалдылықпен жанасудан аулақ болу керек, өйткені бұл саңырауқұлақтың пайда болуына немесе өнімнің нашар жай-күйіне әкелуі мүмкін [8].

Қызылша шырыны қосылған макарондарды бөлме температурасында сақтаған дұрыс, ол әдетте шамамен 20-25°C құрайды. Мұндай жағдайлар макаронның түсін, текстурасын және дәмін сақтауды қамтамасыз етеді.

Төтенше температуралар мен ылғалдылықтың өзгерістерін болдырмау маңызды, сондықтан макарондарды күн сәулесінен және плита немесе радиатор сияқты жылу көздерінен қорғалған құрғақ жерде сақтаңыз. Бұл олардың кебуін немесе ылғалдануын болдырмауға көмектеседі, сондай-ақ бүкіл жарамдылық мерзімінде өнімнің сапасын сақтайды [9].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қызылша шырынын пайдалана отырып макарон өнімдерін дайындау үшін бірінші кезекте қызылшадан шырын бөлеміз. Қызылша шырыны үшін 850 грамм қызылша мен терке керек. Қызылшаны қабығынан тазартып, сүрту арқылы сүртеміз (1-сурет). Үгітілген қызылшаны сығып, қызылша шырынын аламыз. 1-кестеде қызылша шырыны қосылған қамырдың рецептісі келтірілген.

Сурет 1. Тазартылған қызылша

Кесте 1

Қамыр рецептісі

Қамыр үшін:	Шикізат шығыны (кг, мл)	1кг үшін бағасы (тг)	Жиыны (тг)
Ұн	1 кг	450	450
Су	210 мл	215	45
Қызылша шырыны	210 мл	150	31

Қамырды дайындау тәсілі. Ингредиенттерді дайындау. Қамырды дайындау үшін 1 кг ұн, 210 мл су және 210 мл қызылша шырынын аламыз (2-сурет).

Сурет 2. Қамыр ингредиенттері

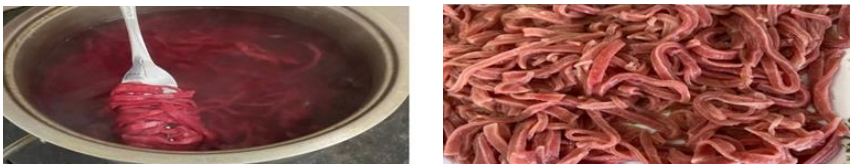
1 кг/с ұнды елейміз. Еленген қамырға кезекпен су мен қызылша шырынын құяды және тығыз қамырды араластырады. Дайын қамырдың массасы 1486 гр. Дайын қамырды (3-сурет) 20 минутқа қалдырамыз.

Сурет 3. Дайын қамыр

Дайын және демалған қамырды жұқа қабатпен қыздырғыштың көмегімен домалатады. Жайылған қамырды бөліктерге бөлеміз, әрбір бөлігін жайып, кеспе тәрізді кішкене бөліктерге бөлеміз (4-сурет).

Сурет 4. Жайылған қамыр

Кесілген кеспені қайнаған тұзды суда пісіреді. Қызылша шырыны қосылған кеспе 6 минут ішінде дайын болады (5-сурет).



Сурет 5. Дайын кеспе

Қызылша шырынынан дайындалған макарон өнімдерінің органолептикалық сапасының негізгі көрсеткіштері сыртқы түрі, дәмі және иісі болып табылады.

Қызылша шырынынан дайындалған макарон өнімдерінің сыртқы түрін айқындау. Алдымен өнім тексеріледі. Макарон пішінінің дұрыстығына, дайын қамырдың консистенциясына баса назар аударылады.

Қызылша шырынынан дайындалған макарон өнімдерінің иісі мен дәмін анықтау. Макаронның иісі мен дәмі дәмін айыру кезінде анықталады. Дәмі мен иісі макарон өніміне сәйкес келуі тиіс. 2-кестеде қызылша шырынынан дайындалған макарон өнімдерінің органолептикалық көрсеткіші келтірілген.

Кесте 2

Қызылша шырынынан дайындалған макарон өнімдерінің органолептикалық көрсеткіші

Макарон өнімдерінің түрі	Дәмі мен иісі	Сыртқы түрі және консистенциясы	Түсі
Қызылша шырыны қосылған макарон өнімдері	Таза, макарон өнімдеріне тән, бөтен иіссіз, қызылшаның жеңіл дәмі бар	Біркелкі, жұмсақ, макарон өнімдеріне сәйкес келеді	Ақшыл қызғылт, күлгін

Тағамдық құндылық – тағамдық өнімдердің пайдалы қасиеттерінің толықтығын, осы өнімнің адамның негізгі қоректік заттар мен энергияға физиологиялық қажеттіліктерін қамтамасыз ету дәрежесін толық көрсететін ұғым. Тағамдық құндылығы тамақ өнімінің белгілі бір қасиеттерін тұтынуды ескере отырып, оның химиялық құрамымен сипатталады [10]. 3-кестеде қызылша шырынынан дайындалған макарондардың тағамдық құндылығы көрсетілген.

Кесте 3

Қызылша шырынынан дайындалған макарондардың тағамдық құндылығы.

Шикізат	Салмағы, г	Ақуыздар, г	Майлар, г	Көмірсулар, г	Калория, ккал
Бидай ұны	1000	100	10	760	3640
Су	210	0	0	0	0
Қызылша шырыны	210	2,1	0	29,61	128
Барлығы:	1420	102,1	10	789,61	3768

Қорытынды. Қорытындылай келе, қызылша шырыны қосылған макарон өнімдерін өндіру технологиясы туралы мақаланың негізгі аспектілері мен нәтижелерін қорытындылауға болады.

Қызылша шырыны қосылған макарон өнімдерін өндіру технологиясын зерттеу және талдау нәтижесінде бұл тәсіл тамақ өнеркәсібіндегі инновациялар үшін жаңа перспективалар ашатыны анық. Қызылша шырыны өнімді табиғи боғыш пен хош иіспен байытып қана қоймайды, сонымен қатар макаронға қосымша қоректік және функционалды қасиеттер береді.

Макарон өнімдерін өндіру технологиясында қызылша шырынын қолданудың басты артықшылықтарының бірі – оның табиғи шығу тегі және жоғары биологиялық құндылығы. Қызылша шырынындағы дәрумендердің, минералдардың және антиоксиданттардың мөлшері оны пайдалы және қоректік тағамдар жасау үшін құнды ингредиент етеді [11]. Сонымен қатар, қызылша шырынын қосу макарон өнімдерінің ассортиментін әртараптандыруға мүмкіндік береді, бұл тұтынушыларға жаңа дәм сезімдерін ғана емес, сонымен қатар қазіргі заманғы дұрыс тамақтану тенденцияларына сәйкес келетін өнім нұсқаларын ұсынады. Дегенмен, макарон өнімдерін өндіру технологиясында қызылша шырынын пайдаланған кезде ингредиенттердің оңтайлы пропорцияларын таңдау, өндіріс процесін бақылау, өнімнің тұрақты сапасын қамтамасыз ету және азық-түлік қауіпсіздігі стандарттарын сақтау сияқты бірқатар техникалық және ұйымдастырушылық аспектілерді ескеру қажет екенін атап өткен жөн.

Жалпы, макарон өнімдерін өндіру технологиясында қызылша шырынын пайдалану қазіргі тұтынушылардың сұраныстарына жауап беретін инновациялық және сау өнімдерді жасауға ықпал ететін тамақ өнеркәсібін дамытудың перспективалы бағытын білдіреді. Осы саладағы қосымша зерттеулер мен эксперименттер қызылша шырыны қосылған макарон өндірісінде жаңа ашылулар мен жақсартуларға әкелуі мүмкін [12].

Әдебиеттер тізімі

1. Буров, Л.А. Технологическое оборудование макаронных фабрик [Текст] / Л.А. Буров, Г.М. Медведев. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 248 с.
2. Корячкина, С.Я. Макаронные изделия: способы повышения качества и пищевой ценности [Текст] / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова. – Орел: Труд, 2006. – 276 с.
3. Корячкина, С.Я. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья [Текст] / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 6. – С. 33-35.
4. Wang X., et al. Effects of Beetroot Juice Addition on the Rheological Properties and Cooking Quality of Pasta // Food Chemistry. – 2021. – No. 178(2). – P. 95-108.
5. Зайцев, В. Свекла. Рецепты для здоровья и молодости [Текст] / В. Зайцев. – М.: РИПОЛ классик, 2012. – 44 с.

6. Дубровин, И. Все об обычной свекле [Текст] / И. Дубровин. – М.: Эксмо-Пресс, Яуза, 2000. – 90 с.
7. Иванова, Е.И. Применение свекольного сока в технологии производства макаронных изделий [Текст] / Е.И. Иванова // Журнал пищевых технологий. – 2020. – № 15(2). – С. 45-57.
8. Смирнов, А.А. Исследование влияния добавления свекольного сока на качество макаронных изделий [Текст] / А.А. Смирнов, Н.В. Петрова // Вестник пищевой промышленности. – 2018. – № 25(3). – С. 78-89.
9. Козлова, О.П. Оптимизация технологических параметров при производстве макаронных изделий с добавлением свекольного сока [Текст] / О.П. Козлова, Т.С. Григорьева // Труды Московского института пищевых технологий. – 2019. – № 12(4). – С. 102-115.
10. Smith A., Jones B. Innovations in Pasta Production: Incorporating Beetroot Juice for Color Enhancement // Journal of Food Science. – 2020. – No. 45(3). – P. 210-225.
11. Garcia C., Martinez D. Utilization of Beet Juice in Pasta Manufacturing: A Review of Process Optimization and Product Quality // Food Technology Research Journal. – 2018. – No. 22(2). – P. 134-147.
12. Johnson E., White F. Enhancing Nutritional Profile of Pasta Through Addition of Beetroot Juice: A Comprehensive Review // Nutrition and Food Science. – 2019. – No. 37(4). – P. 320-335.

Материал редакцияға 06.01.25 түсті, 11.02.25 қабылданды.

Г.Е. Аубакирова[1], Н.А. Еріш[1], Ж.К. Бекмухамбетова[1], Т.С. Төлеміс[1]

[1]Костанайский региональный университет им. Ахмет Байтұрсынұлы, г. Костанай, Казахстан

ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕКОЛЬНОГО СОКА

Аннотация. Данная статья представляет исследование о потенциальном применении свекольного сока в процессе производства макаронных изделий. В ней рассматривается влияние добавления свекольного сока на различные аспекты качества макаронных изделий, включая их текстуру, цвет, вкусовые характеристики и пищевую ценность. Авторы проводят эксперименты с различными концентрациями свекольного сока и оптимальными методами его введения в процесс производства. Кроме того, они анализируют потенциальные преимущества для здоровья, связанные с потреблением макаронных изделий, обогащенных свекольным соком, в частности, благодаря высокому содержанию антиоксидантов и других биологически активных веществ в свекле. Результаты исследования могут быть полезны для промышленных производителей макаронных изделий, стремящихся расширить ассортимент и улучшить качество своей продукции, а также для потребителей, интересующихся здоровым и инновационным питанием.

Ключевые слова: мука, пшеничная мука, свекла, свекольный сок, макаронные изделия, технология, пищевая ценность, рецептура.

G.E. Aubakirova[1], N.A. Yerish[1], Zh.K. Bekmukhambetova[1], T.S. Tolemis[1]

[1]Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan

THE TECHNOLOGY OF COOKING PASTA USING BEETROOT JUICE

Abstract. This article presents a study on the possible use of beetroot juice in the pasta production process. It examines the effect of beetroot juice addition on various

aspects of pasta quality, including its texture, color, flavor characteristics and nutritional value. The authors conduct experiments with different concentrations of beet juice and optimal methods of its introduction into the production process. In addition, they analyze the potential health benefits associated with the consumption of pasta enriched with beet juice, in particular, due to the high content of antioxidants and other biologically active substances in beetroot. The results of the study may be useful for manufacturers of industrial pasta products seeking to expand the range and improve the quality of their products, as well as consumers interested in healthy and innovative nutrition.

Keywords: flour, wheat flour, beetroot, beet juice, pasta, technology, nutritional value, formulation.

References

1. Burov, L.A., Medvedev, G.M. Tekhnologicheskoye oborudovaniye makaronnykh fabrik [Technological equipment for pasta factories]. – Moscow: Pishchevaya promyshlennost' [Food industry], 1980. – 248 p. [in Russian].
2. Koryachkina S.Ya., Osipova G.A. Makaronnyye izdeliya: sposoby povysheniya kachestva i pishchevoy tsennosti [Pasta: ways to improve quality and nutritional value]. – Orel: Trud, 2006. – 276 p. [in Russian].
3. Koryachkina S.Ya., Osipova G.A. Sposob proizvodstva makaronnykh izdeliy iz netraditsionnogo syr'ya [Method for producing pasta from non-traditional raw materials] // News of universities. Food technology. – 2006. – No. 6. – P. 33-35. [in Russian].
4. Wang X., et al. Effects of Beetroot Juice Addition on the Rheological Properties and Cooking Quality of Pasta // Food Chemistry. – 2021. – No. 178(2). – P. 95-108.
5. Zaytsev, V. Svekla. Retsepty dlya zdorov'ya i molodosti [Beetroot. Recipes for health and youth] – Moscow: RIPOL klassik, 2012. – 44 p. [in Russian].
6. Dubrovin, I. Vse ob obychnoy svekle [All about ordinary beets] – Moscow: Eksmo-Press, Yauza, 2000. – 90 p. [in Russian].
7. Ivanova Ye.I. Primeneniye svekol'nogo soka v tekhnologii proizvodstva makaronnykh izdeliy [Use of beetroot juice in pasta production technology] // Journal of food technologies. – 2020. – No. 15(2). – P. 45-57. [in Russian].
8. Smirnov A.A., Petrova N.V. Issledovaniye vliyaniya dobavleniya svekol'nogo soka na kachestvo makaronnykh izdeliy [Study of the effect of adding beetroot juice on the quality of pasta] // Bulletin of the food industry. – 2018. – No. 25(3). – P. 78-89. [in Russian].
9. Kozlova O.P., Grigor'yeva T.S. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov pri proizvodstve makaronnykh izdeliy s dobavleniyem svekol'nogo soka [Optimization of technological parameters in the production of pasta with the addition of beetroot juice] // Proceedings of the Moscow Institute of Food Technologies. – 2019. – No. 12(4). – P. 102-115. [in Russian].
10. Smith A., Jones B. Innovations in Pasta Production: Incorporating Beetroot Juice for Color Enhancement // Journal of Food Science. – 2020. – No. 45(3). – P. 210-225.
11. Garcia C., Martinez D. Utilization of Beet Juice in Pasta Manufacturing: A Review of Process Optimization and Product Quality // Food Technology Research Journal. – 2018. – No. 22(2). – P. 134-147.
12. Johnson E., White F. Enhancing Nutritional Profile of Pasta Through Addition of Beetroot Juice: A Comprehensive Review // Nutrition and Food Science. – 2019. – No. 37(4). – P. 320-335

ҒТАМР 65.29.33

А.Б. Мынбаева[1] – *негізгі автор*,
А.К. Садибаев[2], П.М. Маликтаева[3], А.С. Умирбекова[4]

[1]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [2,3]Техн. ғылым. канд., [4]Магистр

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-3799-2686 [2]https://orcid.org/0000-0003-0427-3025*
[3]https://orcid.org/0000-0002-1251-811X [4]https://orcid.org/0000-0001-8175-1030

[1,2,4]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]minaiber@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/NTHZ7458

«ТАЛҚАН-ҮЛПЕК» ҰЛТТЫҚ ӨНІМІНІҢ РЕЦЕПТУРАСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Ұсынылып отырған мақалада қазақтың ұлттық өнімінің бірі «Талқанның» сипаттамасы және оны дәстүрлі схема бойынша алу жолы көрсетілген. Сонымен қатар қазақтың ұлттық астық өнімдерінің ассортиментін кеңейту мақсатында қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектердің негізінде «Талқан-Үлпек» өнімін алу технологиясы ұсынылды. Сондай-ақ «Талқан-Үлпек» қазақтың ұлттық астық өнімінің рецептурасын оңтайландыру мақсатында Microsoft Excel электрондық кестесінің көмегімен есептеулер жүргізілді. Қойылған мәселені шешу нәтижесінде құрамындағы ақуыздың максималды, яғни 13,52%-ға тең мөлшерін қамтамасыз ететін «Талқан-Үлпек» өнімін алу үшін қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектерінің рецептурасы анықталды.

Тірек сөздер: «Талкан» қазақ ұлттық өнімі, қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектер, рецептураны оңтайландыру.

Мынбаева, А.Б. «Талқан-Үлпек» ұлттық өнімінің рецептурасын оңтайландыру [Мәтін] / А.Б. Мынбаева, А.К. Садибаев, П.М. Маликтаева, А.С. Умирбекова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.121-128. https://doi.org/10.55956/NTHZ7458

Кіріспе. Тұтынылатын тағам, оның құрамы, сол тағамды дайындаудың әртүрлі тәсілдері, тамақтану этикеті – мұның барлығы белгілі бір этностың дүниетанымымен тығыз байланысты екендігі анық. Ал, тамақтану дәстүрлерінің тұрақтылығы – халықтың тарихы, оның өмір сүру салты туралы білімінің маңызды көзі болып табылады.

Қазақтың негізгі ұлттық өнімдері – табиғи диеталық өнімдері дәмділігімен ғана емес, сонымен қатар аса пайдалылығымен ерекшеленеді. Соның ішінде астық негізіндегі өнімдердің емдік қасиеттері ғасырлар бойы қазақтың «Талқан» ұлттық астық өнімін жатқызуға болатын ұлттық тағамдар аясында бағаланып келеді.

Негізінен «Талқан» тары, бидай, жүгері және басқа да дәнді дақылдардан дайындалады. «Талқан» дайындау үшін дәнді дақылды қуырады, қабығынан ажыратады, ұнтақтайды, сонан соң електен өткізеді. Дайындалған «Талқанды» әр түрлі ұлттық тағамдарды дайындауға қолдануға

болады: талқанды сары маймен, сүтпен, кілегеймен, қаймақпен, құртпен, майлы сорпамен, қайнатылған ет өнімдерімен (қой еті, құйрық, өкпе, бауыр) араластырады. Осылайша алынған өнімдердің энергетикалық құндылығы жоғары, құрамындағы ақуыздар, көмірсулар, майлар жеткілікті және адам ағзасына оңай сіңеді [1,2].

«Талқан» астық дәндерінен жасалғандықтан, ол дәннің барлық күшін сақтайды және қазақтардың сенімі бойынша денсаулық пен сұлулық үшін өте пайдалы деп есептеледі. Кезінде ол малшылардың, жауынгерлердің, саяхатшылардың, шаруалардың және ауыр физикалық еңбекпен айналысатын адамдардың негізгі тағамдарының бірі болғаны белгілі. Бұл адамдарға аштықты тез қанағаттандыратын және күшті толық қалпына келтіретін, сонымен қатар денсаулыққа пайдалы және ұзақ уақыт сақталатын тамақ қажет болды.

Қазақтың негізгі ұлттықөнімі «Талқан» – бұл адамға қысқа мерзім ішінде өзінің күшін, жұмыс істеу өнімділігін, дене сымбатын тиімді қалпына келтіруге, сондай-ақ дененің денсаулығы мен энергетикалық тонусын нығайтуға мүмкіндік беретін пайдалы тағамның бірі болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ұсынылып отырған тақырыпты зерттеуде жалпы қабылданған зерттеу әдістері қолданылды:

- сынамаларды таңдап алу – 27668 МЕМСТ;
- түсін, иісін, дәмін және шықырлығын анықтау – 27558 МЕМСТ;
- ылғалдылығын анықтау – 9404 МЕМСТ;
- күлділігін анықтау – 27494 МЕМСТ;
- ірілігін анықтау – 27560 МЕМСТ;
- құрамындағы металмагниттік қоспаны анықтау – 20239 МЕМСТ;
- астық зиянкестерінің ластануы мен залалдауын анықтау – 27559 МЕМСТ;
- қышқылдығын анықтау – 26971 МЕМСТ бойынша жүргізілді.

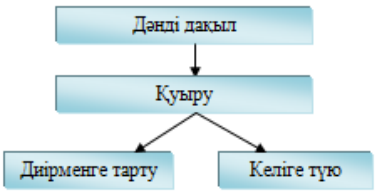
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ерте кезде «Талқан» дайындаудың екі тәсілі болған. Бірі – қол диірменге тарту, екіншісі – келіге түю. Екі тәсілмен дайындағанда да талқанның майдаланбай қалып қоятын түйіршіктері болған, оны «талқанның сағы» деп атаған. Талқанның сағын бөліп алу үшін жайпақ табаққа салып екшеген. Сонда сағы талқанның бетіне бөлініп шығады да, ұнтағы астында қалатын болған. Бетіндегі сақты алып тастай отырып, талқанның ұнтағын бөліп алып пайдаланған [3].

Қазақтардың қол диірмені – ол ортасында ойығы бар (диаметрі 7-8 см болатын), ал өзінің диаметрі 50 см болатын екі үлкен ауыр тас шелпек түрінде жасалған және диаметрі 7-8 см болатын ортасындағы ойыққа астықты қолмен құйып отырған. Диірменнің жоғарғы тасының шетінен ағаш тұтқасына арналған кішкене тесік ойылып шығарылған және ағаш тұтқа орнатылған, соның көмегімен диірмен тастары айналдырылған. Диірмен тастарын қолмен айналдырған кезде, ұнтақталған астық шетінен құйылып отырған. Ұнтақталған өнім таза болуы үшін алдын-ала қол диірмен таза мата дастарханға қойылған және дастарханнан дайын болған талқан жиналып алынып отырған [4].

Келі – астықты қауыздауға және ұнтақтауға арналған ыдыс, оны жуан қатты ағаш кесіндісінен, үстіңгі жағы тарлау болып келетін қиық конус түрінде ойып алады. Ағашты ойып шұңқыр жасалғаннан кейін ішкі жағы беріктік пен кедір – бұдырларын кетіру үшін күйдіріледі. Келінің астықты түю, яғни жұмыс кезінде ыңғайлы болуы үшін екі жағынан ойықтар

қалдырады. Келінің биіктігі 70-80 см, орташа диаметрі шамамен 30 см етіп жасалады, ал дәнді қауыздау үшін келсап қажет болады, ол сонымен қатар ұзындығы 1 метр, диаметрі 15 см болатын тұтас ағаш кесіндісінен сүріледі және төменгі бөлігі дөңгелек пішінді болып келеді [5].

Дәнді дақылдарынан дәстүрлі схема бойынша «Талқан» және қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектерден «Талқан-Үлпек» алу операцияларының жүргізілу реттілігі 1, 2-суреттерде көрсетілген.



Сурет 1. «Талқан» өнімін дәннен дәстүрлі схема бойынша алу

Сурет 2. «Талқан-Үлпек» өнімін қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектерден алу

«Талқан-Үлпек» ұлттық өнімін дайындауға арналған қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектерінің рецептурасын оңтайландыру үшін келесідей түрлері пайдаланылды: қайнатуды қажет етпейтін Полтава бидай үлпектері және қайнатуды қажет етпейтін тары үлпектері (Алтайская сказка, Ресей), қайнатуды қажет етпейтін жүгері үлпектері (Гудвилл, Ресей).

«Алтайская сказка» Полтава бидай үлпектері және «Алтайская сказка»тары үлпектері – энергияның бірегей көзі болып табылады. Аталған дәнді үлпектері арнайы технология бойынша жасалады: алдымен бүтін дәнді дақылдар бумен өңделеді – құрамындағы пайдалы заттар астықтың ішіне ауысады, содан кейін ғана қабығы алынып қауыздалады және әрі қарай астық жұмсақ жылумен өңделеді [6].

Қайнатуды қажет етпейтін жүгері үлпектері (Гудвилл, Ресей) жүгері дәнінен алынады, ол алдымен бумен өңделеді, одан әрі жаншу процесі жүреді де астықтың қаншалықты жаншылғанына және әрі қарай дайындау уақытына байланысты болады [7].

Ұсынылып отырған қоспа рецептурасын оңтайландыру есебі қоспалардың сызықтық бағдарламалау есебіне жатады, олардың мағынасы көптеген мүмкін нұсқалардың ішінен берілген белгі бойынша оңтайлы мәнді таңдау болып табылады. Қоспаның рецептуралық құрамын оңтайландыру есебін қою үшін анықталатын қоспаның құрамына кіретін шикізаттың барлық түрлерінің химиялық құрамы туралы ақпарат болуы тиіс; шикізаттың әрбір түрінің сапалық сипаттамалары, яғни ескерілетін қоректік заттардың немесе басқа сипаттамалардың мазмұны жеткілікті болуы маңызды. «Талқан-Үлпек» алуға арналған қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектерінің химиялық құрамы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектерінің химиялық құрамы [6,7]

№	Компонент	Ақуыз, %	Майлар, %	Көмірсулар, %	Компоненттің өзгеру ауқымы, %	
					min	max
1	Қайнатуды қажет етпейтін «Алтайская сказка» Полтава бидайы үлпектері	16	1	63	30	60
2	Қайнатуды қажет етпейтін «Алтайская сказка» тары үлпектері	11	3,5	65	20	50
3	Қайнатуды қажет етпейтін «Гудвилл» жүгері үлпектері	8,6	1,2	73,8	20	50

Қарастырып отырған зерттеуде «Талқан-Үлпек» өнімінің рецептурасын оңтайландыру оның құрамына кіретін компоненттердің белгілі бір минималды және максималды мөлшерімен, қоспадағы ақуыздың максималды мөлшері бойынша жүзеге асырылатын болады.

Сәйкесінше x_1, x_2, x_3 арқылы шикізаттың әр түрінің «Талқан-Үлпек» өнімінің құрамына енгізудің қажетті үлес салмағын белгілейміз.

Содан соң мақсатты функция келесідей түрде алынады [8].

$$F(x) = max\{16x_1 + 11x_2 + 8{,}6x_3\} \quad (1)$$

Келесі шектеулер ескерілуі керек

$$30 \leq x_1 \leq 60; \quad (2)$$

$$20 \leq x_2 \leq 50; \quad (3)$$

$$20 \leq x_3 \leq 50; \quad (4)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100. \quad (5)$$

Қарастырылып отырған «Талқан-Үлпек» өнімінің рецептурасын оңтайландыру мақсатында сызықтық бағдарламалау есебін шешуді Microsoft Excel электрондық кестесінің «Поиск решения» қондырмасы арқылы жүзеге асыруға болады. Қойылған есепті шешу нәтижесінде қоспаның оңтайлы құрамы келесі түрде анықталды: x_1 = 60%, x_2 = 20% және x_3 = 20% (2-кесте), құрамындағы ақуыздың максималды мөлшері 13,52% құрады, қоспадағы майдың мөлшері 1,54%, көмірсулардың мөлшері 65,56%, тағамдық құндылығы 330 ккал құрады (3 кесте).

Кесте 2

Қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер негізінде алынған «Талқан-Үлпек» өнімінің рецептурасы

№	Аталуы	Масса, г
1	Қайнатуды қажет етпейтін бидай үлпектері	60
2	Қайнатуды қажет етпейтін тары үлпектері	20
3	Қайнатуды қажет етпейтін жүгері үлпектері	20

Зерттеу барысында дәстүрлі схема бойынша бидайдан алынған «Талқанның» химиялық құрамы зерттелді және қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер негізінде алынған «Талқан-Үлпек» өнімінің химиялық құрамымен салыстырмалы талдау жүргізілді (3 кесте).

Кесте 3

«Талқан» және «Талқан-Үлпек» өнімдерінің салыстырмалы химиялық құрамы

№	Өнімнің атауы	Ақуыздар, %	Майлар, %	Көмірсулар, %	Энергетикалық құндылығы, ккал
1	Дәстүрлі схема бойынша алынған бидайдан жасалған «Талқан»	10,5	1,1	61,8	299,1
2	Қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер негізінде алынған «Талқан-Үлпек»	13,52	1,54	65,56	330

Жасалған «Талқан-Үлпек» өнімінің химиялық құрамын салыстырмалы бағалау кезінде ақуыздың мөлшері 3,02%-ға жоғарлап, 13,52% құрағанын көрсетті. Құрамындағы майдың мөлшері 0,44%-ға артып, 1,54% құрады, көмірсулардың мөлшері 3,76%-ға артып, 65,56% құрады, сондай-ақ энергетикалық құндылығы да артып, 330 ккал құрады.

«Талқан-Үлпек» өнімін алудың технологиялық процесін тиімді жүргізудің факторы пайдаланылатын жартылай фабрикаттың дисперсиясы болып табылады. Қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектерінен жасалған жақсы ұнтақталған өнімде шаң тәрізді фракциясы аз мөлшерде ұсақталған бөлшектердің мөлшері біркелкі болуы тиіс.

Қайнатуды қажет етпейтін дәнді үлпектерін ұнтақтау үшін Perten фирмасының стандартты 0,8 мм елегі бар зертханалық диірмені 120 пайдаланылды (4 сурет) [9].

3-ші суретте қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер және қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер негізінде алынған «Талқан-Үлпек» ұсынылған (сурет 5).

Сурет 3. Қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектер

Сурет 4. Зертханалық диірмен 120

Сурет 5. «Талкан-Үлпек» өнімі

Келесі кезеңде қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектерден жасалған «Талқан-Үлпектің» органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштері анықталды (кесте 4).

Кесте 4

«Талқан-Үлпек» өнімінің органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	Сипаттамасы және нормалары
1	Түсі	Сарғыш реңктері бар ашық қоңыр
2	Иісі	Көгерген, шіріген және басқа да бөгде иістерсіз талканға тән
3	Дәмі	Ащы, қышқыл және басқа да бөгде дәмсіз талканға тән
4	Ылғалдылығы, %, артық емес	10,0
5	Күлділігі (құрғақ затқа қайта есептегенде), %, артық емес	2
6	Ірілігі, 0,8 мм електен өтімі, кем емес	98,0
7	Минералды қоспасы	Шайнау кезінде шықыр сезілмеуі керек
8	Металломагниттік қоспа, талқанның 1 кг-мг: ең үлкен сызықтық өлшемдегі жекелеген бөлшектердің мөлшері 0,3 мм-ден аспайды (немесе) салмағы 0,4 мг-ден аспайды	3
9	Зиянкестермен зақымдану	Рұқсат берілмейді
10	Қышқылдығы, град, артық емес	10,0

Тағамның бір порциясын дайындау үшін 70 г «Талқан-Үлпекке» 200 мл ыстық қайнатылған сүт немесе су құя отырып, мұқият араластыру қажет және дәміне қарай кез-келген ингредиенттерді қосуға (тұз, қант, сары май, бал, кептірілген жемістер, жидектер, жаңғақтар және басқалар) болады. Қоспаны 3-5 минут қозғаусыз қойған соң тағам дайын деп есептеуге болады.

Қорытынды. Ұсынылып отырған мақалада қазақтың ұлттық астық өнімдерінің ассортиментін кеңейту мақсатында қайнатуды қажет етпейтін үш дәнді үлпектердің негізінде «Талқан-Үлпек» өнімін алу технологиясы ұсынылды. «Талқан-Үлпек» ұлттық өнімінің рецептурасын оңтайландыру мақсатында сызықтық бағдарламалау есебін шешу Microsoft Excel электрондық кестесінің көмегі арқылы жүзеге асырылып және есептеу арқылы ақуыздың максималды мөлшерін қамтамасыз ететін «Талқан-Үлпек» өнімін алу үшін қайнатуды қажет етпейтін үшдәнді үлпектерінің оңтайлы рецепті алынды. Сондай-ақ, жасалған өнім органолептикалық көрсеткіштерге оң әсер етеді, ерекше дәм береді және тағамдық құндылығын арттырады.

Әдебиеттер тізімі

1. Алимарданова, М.К. Казахские национальные молочные продукты [Текст] / М.К. Алимарданова. – Алматы, 2006. – 176 с.
2. Артықбаев, Ж.О. Дәстүрлі қазақ этнографиясы: оқу-әдістемелік құралы [Мәтін] / Ж.О. Артықбаев, Ә.Ә. Сабданбекова, Ә.Қ. Елемесов, Е.Н. Дауенов. – Павлодар: Кереку, 2008. – 345 б.
3. Талкан [Электронды ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BB%D2%9B%D0%B0%D0%BD.
4. Алимарданова, М.К. Казахские традиции и национальная культура питания [Текст] / М.К. Алимарданова, С.Х. Масимова. – Алматы: Альманах, 2016. – 142 с.

5. Кенжеахметұлы, С. Қазақтың дарқан дастарханы [Мәтін] / С. Кенжеахметұлы. – Алматы: Алматыкітап, 2005. – 240 б.
6. Хлопья Алтайская сказка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ozon.kz/category/hlopya-35652/altayskaya-skazka-137499384/.
7. Гудвилл хлопья кукрузные не требующие варки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ozon.ru/product/gudvill-hlopya-kukuruznye-krupyanye-ne-treb-varki-ekstra-m-u-400gr-6sht-255319860/.
8. Лисин, П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности [Текст] / П.А. Лисин. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 256 с.
9. Руководство по экслуатации прибора лабораторная мельница 120 [Текст]. – Компания PERTEN INSTRUMENTS, 2016. – 13 с.

Материал редакцияға 13.01.25 түсті, 18.02.25 қабылданды.

А.Б. Мынбаева[1], А.К. Садибаев[1], П.М. Маликтаева[2], А.С. Умирбекова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Международный Таразский университет им. Ш. Муртазы, г. Тараз, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА «ТАЛҚАН-ҮЛПЕК»

Аннотация. В статье приведена характеристика казахского национального продукта «Талкан» и ее получение по традиционной схеме. С целью расширения ассортимента казахских национальных зерновых продуктов предложена технология получения продукта «Талкан-Үлпек» на основе трехзлаковых хлопьев, не требующих варки. С целью оптимизации рецептуры казахского национального зернового продукта «Талкан-Үлпек» был произведен расчет с помощью электронной таблицы Microsoft Excel. В результате решения задачи была определена рецептура смеси трехзлаковых хлопьев, не требующих варки для получения продукта «Талкан-Үлпек», обеспечивающий максимальное количество белка равное 13,52%.

Ключевые слова: казахский национальный продукт «Талкан», зерновые хлопья не требующие варки, оптимизация рецептуры.

A.B. Mynbayeva[1], A.K. Sadybayev[1], P.M. Maliktaeva[2], A.S. Umirbekova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]International Taraz University named after SH. Murtaza , Taraz, Kazakhstan

OPTIMIZATION OF THE RECIPE FOR THE NATIONAL PRODUCT “TALKAN-ULPEK”

Abstract. The article presents the characteristic of the Kazakh national product “Talkan” and its obtaining according to the traditional scheme. In order to expand the assortment of Kazakh national grain products the technology of obtaining the product “Talkan-Ulpek” on the basis of three-grain flakes that do not require cooking is proposed. In order to optimize the recipe of the Kazakh national grain product “Talkan-Ulpek”, a calculation was made using Microsoft Excel spreadsheet. As a result of solving the problem, the recipe for the mixture of three-grain flakes that do not require cooking was determined to obtain the product “Talkan-Ulpek”, ensuringthe maximum protein content of 13.52%.

Keywords: Kazakh national product “Talqan”, cereal flakes not requiring cooking, recipe optimization.

References

1. Alimardanova, M.K. Kazakhskiye natsional'nyye molochnyye produkty [Kazakh national dairy products]. – Almaty, 2006. – 176 p. [in Russian].
2. Artykbayev, Zh.O., Sabdanbekova, A.A., Yelemesov, A.K., Dauenov, E.N. Dästürli qazaq étnografïyası: oqw-ädistemelik quralı [Traditional Kazakh ethnography: educational and methodological tool]. – Pavlodar: Kereku, 2008. – 345 b. [in Kazakh].
3. Talkan [Electronic resource]. - Access mode: https://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BB%D2%9B%D0%B0%D0%BD. [in Kazakh].
4. Alimardanova, M.K., Masimova, S.KH. Kazakhskiye traditsii i natsional'naya kul'tura pitaniya [Kazakh traditions and national food culture]. – Almaty: Al'manakh, 2016. – 142 p. [in Russian].
5. Kenzheakhmetuly, S. Qazaqtıñ darqan dastarxanı [Kazakh darkan table]. – Almaty: Almatykitap, 2005. – 240 p. [in Kazakh].
6. Altai fairy tale flakes [Electronic resource]. – Access mode: https://ozon.kz/category/hlopya-35652/altayskaya-skazka-137499384/. [in Russian].
7. Goodwill corn flakes that do not require cooking [Electronic resource]. – Access mode: https://www.ozon.ru/product/gudvill-hlopya-kukuruznye-krupyanye-ne-treb-varki-ekstra-m-u-400gr-6sht-255319860/. [in Russian].
8. Lisin, P.A. Komp'yuternoye modelirovaniye proizvodstvennykh protsessov v pishchevoy promyshlennosti [Computer modeling of production processes in the food industry]. – St. Petersburg: Publishing house “Lan”, 2016. – 256 p. [in Russian].
9. Rukovodstvo po eksluatatsii pribora laboratornaya mel'nitsa 120 [Operating manual for the laboratory mill 120]. –PERTEN INSTRUMENTS Company, 2016. – 13 p. [in Russian].

МРНТИ 65.09.03

А.Б. Жалилова[1] – *основной автор*,
А.К. Кудайбергенова[2], **Г.Е. Сариева**[3]

[1]*Магистрант,* [2,3]*Канд. биол. наук, доцент*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0001-9478-1789* [2]*https://orcid.org/0009-0005-5808-5056*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-4420-7834*

[1,2,3]*Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова,*
г. Каракол, Республика Кыргызстан

@ [1]*sarieva.g@iksu.kg*

https://doi.org/10.55956/RHXH1716

СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ И КАЛЬЦИЯ В ПЛОДАХ ДИКИХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. Для круглогодичного обеспечения населения витаминами в необходимом для физиологических потребностей количестве могут быть использованы дикие ягодные культуры, которыми богаты высокогорные и среднегорные ландшафты Иссык-Кульской области Кыргызстана. Среди 3 выбранных нами для исследования видов (калина, барбарис и шиповник) наиболее богатым по содержанию β-каротина в зимнее время является барбарис. По количеству витамина Е все три вида приближаются к спарже, а по содержанию витаминов В1, В2 и кальция шиповник значительно превосходит два остальных вида. У полностью созревших плодов шиповника иглистого, произрастающего в восточной части Иссык-Кульской долины, наибольшее количество витамина С находится в мякоти гипантия, по сравнению с растениями, растущими в западной, северной и южной частях этой долины.

Ключевые слова: содержание витаминов Е, В1, В2, шиповник, гипантий, географическое расположение.

Жалилова, А.Б. Содержание витаминов и кальция в плодах диких ягодных культур Иссык-Кульской области Кыргызстана [Текст] / А.Б. Жалилова, А.К. Кудайбергенова, Г.Е. Сариева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.129-138. https://doi.org/10.55956/RHXH1716

Введение. Иссык-Кульская долина благодаря большому количеству предгорных и долинных пойменных ландшафтов богата дикими ягодными культурами. Особенно широко распространены здесь облепиха, смородина, шиповник, рябина и другие кустарники. Облепиха (*Hippophaë rhamnoides*) образует густые заросли по берегам озера Иссык-Куль, руслам и долинам рек, произрастает на высоте до 3800 м над уровнем моря (н.у.м.), в местах, обильно обеспеченных влагой [1,2]. Значение облепихи для населения очень разнообразное, но наибольшую ценность представляют её лечебные свойства [3].

Также в Иссык-Кульской области Кыргызстана на высоте 1500-3000 м н.у.м. произрастает 7 видов шиповника, в т.ч. шиповник собачий (*R. canina*),

шиповник гунтский (*R. huntica Chrshan.*), шиповник Беггера (*R. beggeriana Schrenk.*), шиповник иглистый (*R. acicularis Lindl.*) [4-6]. Кроме того, в Кыргызстане имеется очень большое разнообразие видов барбариса – около 12 видов, в т.ч. барбарис разноножковый (*Berberis heteropoda Schrenk.*), кашгарский (*B. kaschgarica Rupr.*), круглоплодный (*B. sphaerocarpa Kar.et Kir.*). По берегам горных рек хорошо распространена черемуха тяньшанская (*Padus tienshanica*), черемуха магалебская (*P. mahaleb (L.) Borkh.*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus L.*) [1,6,7].

Однако за последние 30 лет такое богатое природное разнообразие диких ягодных видов Иссык-Кульской области Кыргызстана значительно уменьшается. В связи с переходом на рыночную экономику к неконтролируемому сбору плодов добавились также и другие неблагоприятные антропогенные факторы: в предгорных и пойменных лесах, особенно вблизи населенных пунктов, идет бессистемный круглогодичный выпас домашних животных и сенокошение, а также вырубка на дрова и для освобождения территории под застройку, сельскохозяйственные угодья, захламление бытовыми отходами. Все это сильно ограничивает естественное возобновление диких ягодных видов.

Между тем все дикие ягодные растения давно известны как ценные источники поливитаминов и биологически активных веществ (БАВ). Химический состав ягод облепихи, шиповника, калины, рябины хорошо изучен. Так, шиповник знаменит своим высочайшим количеством витамина С 2300 мг/100 г, Р – 450 мг/100 г, А – 2,4 мг/100 г, B_{12}, каротина [8]. В ягодах калины обыкновенной содержание витамина С составляет 38,4мг%, каротина – 1,17 мг%, катехинов – 130 мг% [8]. Такие целебные свойства делают дикие ягоды очень привлекательным сырьем для приготовления функциональных продуктов, обогащающих организм витаминами и БАВ круглый год. Однако в процессе длительного хранения многие витамины разрушаются и ягоды теряют свою ценность. Так, нами было определено, что после 4 месяцев хранения максимальное содержание витамина А сохраняется в ягодах калины, среднее – в барбарисе и низкое – в шиповнике [9]. По витамину С наблюдается обратная картина – наибольшее содержание остается в ягодах шиповника, среднее – в барбарисе и наименьшее – в калине. Калина и шиповник имели очень высокое содержание витамина B_3 (РР-ниацина), который не обнаружен в барбарисе. Как видно, каждый вид ягод имеет свой специфический состав. Поэтому целью настоящего исследования было определить содержание витаминов Е, каротина, витаминов группы В (B_1, B_2 и B_6) и Са в диких ягодах (калина, шиповник и барбарис), произрастающих в высокогорье Иссык-Кульской области Кыргызстана после 4 месяцев хранения, а также изучить характер накопления витамина С в гипантиях шиповника иглистого (*R. acicularis Lindl.*) как наиболее витаминоносного вида шиповника в Кыргызстане и влияние географической локализации растения на накопление данного витамина.

Условия и методы исследования. Объектом исследования служили ягоды барбариса, калины и шиповника. Шиповник вида *Rosa acicularis Lindl* был выбран в качестве основного объекта исследования, так как этот вид характеризуется наибольшим содержанием витамина С [10]. Содержание витаминов Е, группы В, β-каротина, Са определяли в Тест-лаборатории ТОО «Эксперттест», Алматы, Казахстан (табл. 1). Ягоды для биохимического анализа брали в феврале, после 4 месяцев хранения.

Таблица 1

Описание методов определения содержания витаминов и других веществ

№	Вещество	Метод
1	витамин Е (токоферол)	ГОСТ ЕН 12822-14
2	*β*-каротин	MVI.MH 3239-2009
3	B_1 (тиамин)	ГОСТ ЕН 14122-2013
4	B_2 (рибовлавин)	ГОСТ ЕН 14152-2013
6	Са	Р 4.1.1672-2003, р.II, п.3

У шиповника дополнительно определяли содержание витамина С в различных частях. Исследования сезонной динамики накопления витамина С в гипантиях *Rosa acicularis Lindl* проводились в условиях Иссык-Кульской области (1820-1930 м н.у.м). Для определения содержания аскорбиновой кислоты (АК) сбор гипантиев проводили в шести фазах развития (завязь, зеленые плоды, начало созревания, полусозревшие, созревшие и перезревшие плоды). Витамин С в гипантиях шиповника определяли фармакопейным методом [11,12]. Среднее значение и стандартное отклонение рассчитывали в программе Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание витамина Е в ягодах калины и шиповника после 4 месяцев хранения было одинаковым, по количеству соответствует спарже, но значительно уступает зеленому шпинату – лидеру среди растений по содержанию данного витамина (рис. 1).

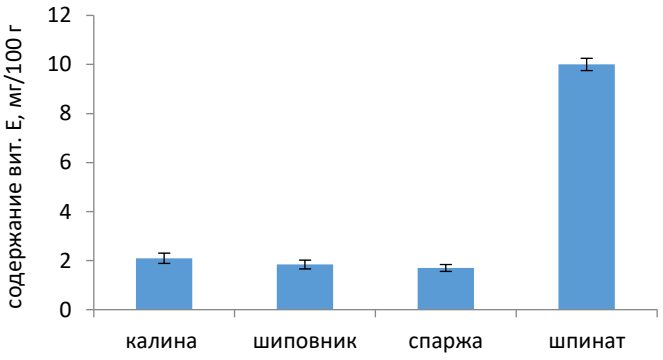


Рис. 1. Содержание витамина Е в ягодах калины и шиповника после 4 месяцев хранения (значения для спаржи и шпината взяты из источника [13])

По содержанию *β*-каротина – провитамина А в зимнее время рекордсменом является барбарис (рис. 2), в его ягодах данное вещество в десятки раз превышает другие растительные источники, такие как морковь, тыква, перец чили. Значит, ягоды барбариса, отлично хранящиеся в зимнее время, вполне можно использовать для пополнения своего рациона провитамином А.

Содержание витамина B_1 (тиамина) в продукте/блюде считается низким, если в 100 г продукта его содержится менее 0,08 мг [13]. В исследованных диких ягодах обнаружено очень низкое количество тиамина (рис. 3), хотя мы видим максимальное содержанию данного витамина в ягодах шиповника.

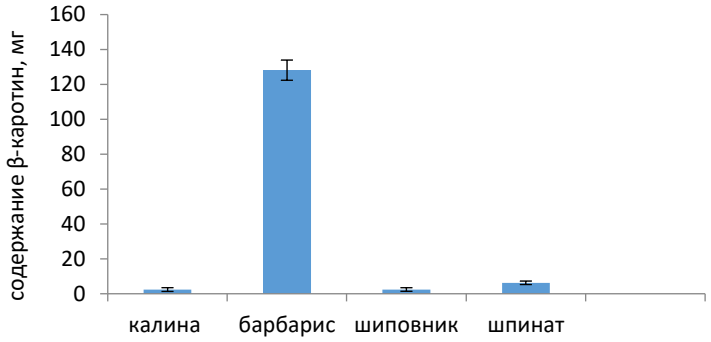


Рис. 2. Содержание *β*-каротина в диких ягодах после 4 месяцев хранения (значения для шпината взяты из источника [13])

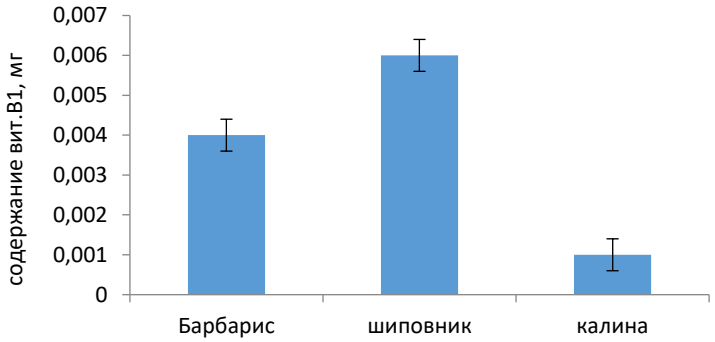


Рис. 3. Содержание витамина B_1 (тиамина) в диких ягодах в ходе зимнего хранения

Мы также определили содержание витамина B_2 (рибофлавина) в ягодах шиповника и, для сравнения, в плодах груши местного сорта Дюшес, результаты показаны на рисунке 4.

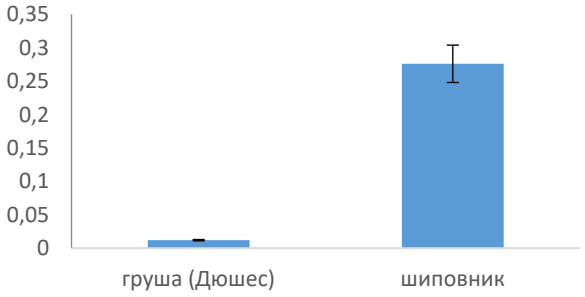


Рис. 4. Содержание витамина B_2 (рибофлавина) в плодах груши и ягодах шиповника после 4-месячного хранения

На рисунке отчетливо видно, что ягоды шиповника в десятки раз превышают плоды груши по содержанию витамина B_2. Такое высокое содержание витамина – от 0,2 до 0,3 мг/100 г – обнаружено в твороге и творожных изделиях, несладком йогурте, в напитке «Бифидин», запеканках и сырниках из творога [13]. Продукты с таким содержанием рибофлавина

закрывают более 10% суточной потребности в витамине. Таким образом, настои из ягод шиповника могут восполнить большую часть суточной потребности в данном витамине. По содержанию Са среди изученных ягод абсолютным рекордсменом является шиповник (рис. 5), который можно приравнять по данному показателю к домашнему сыру, чесноку, кураге, рыбным консервам [13]. В калине и яблоках сорта Апорт содержание Са очень низкое, а в барбарисе вообще не определялось.

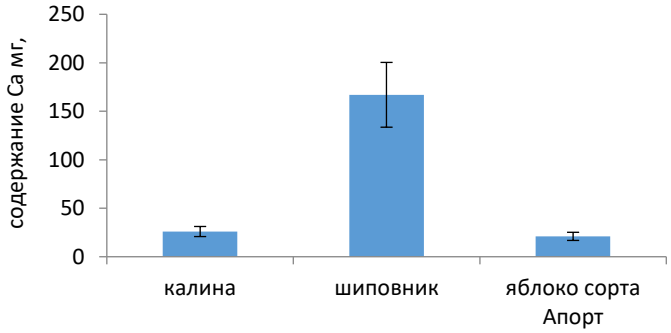


Рис. 5. Содержание Са в ягодах калины и шиповника

Таким образом, сравнительный анализ ягод калины, шиповника и барбариса показал, что максимальное содержание каротина находится в барбарисе, а витаминов B_1, B_2 и кальция – в шиповнике.

Следующей задачей было определение витамина С в различных частях шиповника. Наши данные показали неравномерное распределение АК в гипантиях и других частях шиповника (табл. 2). Наиболее богатым по содержанию АК оказалась мякоть гипантиев, по 1% АК отмечено в венчике плода и в стебле, по 0,7% в лепестках цветков и листьях растений. В чашелистиках количество АК отмечено на уровне 0,2%, а что касается семян шиповника, то в них во всех случаях опыта отмечен нулевой уровень.

Таблица 2

Содержание АК в различных частях *Rosa acicularis Lindl* в условиях Иссык-Кульской области (% на абс. сух. вес)

№	Различные части плода и растения	Содержание АК (в % на абс.сух.вес)
1	Мякоть плода	3.9 ± 0.75
2	Семена	0
3	Чашелистики	0.2±0.16
4	Венчик плода	1.0±0.35
5	Лепестки	0.7±0.46
6	Листья	0.7±0.30
7	Стебель	1.0±0.35

Для получения высоковитаминного сырья шиповника важным моментом является определение срока максимального накопления АК в гипантиях. Результаты наших исследований по динамике накопления АК показывают, что содержание витамина С постепенно увеличивается по мере созревания гипантиев (табл. 3).

Таблица 3

Динамика накопления АК в гипантиях *Rosa acicularis Lindl* в условиях Иссык-Кульской области

№	Фазы созревания	Содержание АК (в % на абс.сух.вес)
1	Завязь	0,6 ±0,24
2	Зеленые плоды	1,1±0,49
3	Начало созревания	2,1±0,32
4	Полусозревшие	3,4±1,05
5	Созревшие	4,3±1,14
6	Перезревшие	4,4±2,03

Минимальный уровень отмечен в завязях (0,6%), в последующие четырех фазах он интенсивно возрос, достигая максимума (4,3%) в стадии биологической зрелости гипантия. При дальнейшем дозревании количество АК постепенно уменьшается, что совпадает с точкой зрения [10].

Наряду с влиянием срока созревания на накопление АК в гипантиях шиповника в научной литературе существуют разногласия относительно влияния географических условий на витаминную активность гипантиев шиповника [15]. Некоторые исследователи, изучая содержание АК в плодах шиповника, приходят к выводу, что его количественный состав зависит от географического фактора [14,15]. Отмечено, что растения шиповника, произрастающие на севере, более богаты витамином С по сравнению с южными, при этом содержание АК в гипантиях шиповника увеличивается по направлению с юга на север [16].

Учитывая важность проблемы, мы исследовали содержание АК в гипантиях *Rosa acicularis Lindl.*, собранных в различных географических зонах Иссык-Кульской области (табл. 4).

Таблица 4

Содержание АК в гипантиев *Rosa acicularis Lindl.* в различных географических условиях Иссык-Кульской области

№	Место произрастания шиповника	Содержание АК в гипантиях, %
1	2	3
Северная часть		Сред. 3,84
1	село Орукту	3,8±1,19
2	Верховья долины села Темировка	2,9±0,94
3	Верховья села Долинка	4,4±1,17
4	ущелье Семеновка	4,0±2,14
5	предгорная зона г. Чолпон-Ата	Сред. 4,1±1,13
Восточная часть		4,88
1	ущелье Турген	4,6±1,24
2	Долина реки Джергез	4,9±1,69
3	Долина реки Джергалан	5,6±1,62
4	Ак-Суу, ущелье Арашан	5,0±1,75
5	ущелье Каракол	4,3±2,14
Южная часть		Сред. 3,66
1	Ущелье Жеты-Огуз	4,1±1,67
2	предгорная зона Чон-Кызыл-Суу	3,6±1,67
3	прибрежная зона озера в селе Ак-Терек	2,9±0,96
4	предгорная зона Тосор	3,4±1,19
5	ущелье Барскоон	4,3±1,45

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Западная часть		Сред. 3,0
1	Долина реки Каджи-Сай	2,6±0,86
2	Долина реки Ак-Сай	3,1±1,37
3	ущелье с. Боконбаево	2,9 ± 0,86
4	Долина реки Кок-Мойнок	3,4±1,56

Наши данные (табл. 4) показывают, что в условиях различных высот расположения природных ландшафтов Иссык-Кульской области отмечается определенная закономерность в накопление витамина С в плодах шиповника. Наиболее витаминоносными оказались растения, произрастающие в восточной части Иссык-Кульской области. В северных и южных популяциях количественное содержание АК в плодах составляет 3,84-3,66% и меньше всего количественное содержание витамина С отмечено у растений, произрастающих в западной части популяции – 3,0% на абс. сух. вес плода.

Основываясь на наших исследованиях по накоплению АК в гипантиях *Rosa acicularis Lindl*, можно рекомендовать заготовительным предприятиям приступить к заготовке высококачественного сырья плодов шиповника в фазе полного созревания. В условиях Восточного Иссык-Куля (1800-2500 м) это время приходится на конец августа – сентября. Определение периода полной спелости плодов производится по внешним признакам, когда окраска их становится ярко-красной. После этого периода замедленным темпом идет снижение витамина С в гипантиях шиповника. Следует отметить, что заморозки весьма отрицательно сказываются на содержании витамина С в плодах. Это подтверждено многочисленными исследованиями различных авторов в разнообразных эколого-географических условиях [17]. Поэтому необходимо иметь в виду, что заготовительные мероприятия по сбору гипантиев *Rosa acicularis Lindl* необходимо заканчивать до наступления осенних заморозков.

Заключение. Среди наиболее распространенных в высокогорье Иссык-Кульской долины диких ягодных культур шиповник наиболее богат витаминами группы В (B_1, B_2), С, кальцием. На примере вида шиповника иглистого мы показали, что наибольшее количество витамина С находится в мякоти гипантия вполне созревших плодов у растений, произрастающих в восточной части по сравнению с растениями из западной, северной и южной частей Иссык-Кульской долины.

Список литературы

1. Боряев, К.И. Запасы облепихи в Иссык-Кульской впадине. Витаминные ресурсы растений и их использование [Текст] / К.И. Боряев, М.Г. Пименова, Р.М. Супрунова. – М., 1977. – 129-131 с.
2. Асанбаев, А.М. Отбор хозяйственно-ценных форм облепихи и технология её выращивания [Текст] / А.М. Асанбаев // Вестник КНАУ. – 2011. – С. 19-25.
3. Алимбаева, П.К. Лекарства вокруг нас [Текст] / П.К. Алимбаева, Ж.С. Нуралиева. – Фрунзе, 1987. – 14-17 с.
4. Кудайбергенова, А.К. Биологические особенности шиповника в условиях Иссык-Кульской области Кыргызстана [Текст] / А.К. Кудайбергенова // Научные ведомости. Сер. Ест. Науки. – 2011. – №3 (98). – С. 21- 25.
5. Джакипов, У.Д. Шиповники Киргизии и их использование для подвоя роз [Текст] / У.Д. Джакипов. – Фр.: Илим, 1978. – 105 с.
6. Солодухин, Е.Д. Аптека в лесу [Текст] / Е.Д. Солодухин. – М: Агропромиздат, 1989. – 348 с.

7. Ионов, Р.Н. Растительный мир Кыргызстана [Текст] / Р.Н. Ионов, Л.П. Лебедева // Исследование живой природы Кыргызстана. – 2019. – №1. – С. 24-33.
8. Бессчетнов, В.П. Облепиха. Шиповник. Черноплодная рябина. [Текст] / В.П. Бессчетнов, Г.П. Никитина, Ю.В. Жуков. – Алма-Ата: Кайнар, 1989. – С. 6-134.
9. Сариева, Г.Е. Сохранение разнообразия сортов местных фруктовых деревьев и диких ягод в Иссык-Кульской области Кыргызстана [Текст] / Г.Е. Сариева, М.К. Турдиева, Ж.Т. Айтбаева, С.К. Кадыркулова, Ш.К. Качекова, А.К. Кудайбергенова // Овощи России. – 2019. – №3. – С. 109-115.
10. Мамадризохонов, А.А. Динамика содержания витамина С в плодах шиповника [Текст]: информационный листок / А.А. Мамадризохонов. – НПИ Центр, 2000. – 4 с.
11. Государственная фармакопея СССР [Текст]: справочное издание. – Москва, 1968.
12. Государственная фармакопея СССР [Текст]: 11 издание. Выпуск 1. Общие методы анализа. – Москва, 1987.
13. Польза витамина Е: к чему приводит недостаток витамина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/polza-vitamina-e-k-chemu-privodit-nedostatok-vitamina/.
14. Starodub O.A. et al. Antioxidant rosehips complex of different growing conditions for food purposes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2020. – Vol. 421. – No. 2. – P. 022025.
15. Новрузов, А.Р. Содержание и динамика накопления аскорбиновой кислоты в плодах Rosa canina L [Текст] / А.Р. Новрузов // Химия растительного сырья. – 2014. – №3.
16. Розанова, М.А. Влияние климатических и почвенных условий на содержание аскорбиновой кислоты в шиповнике [Текст] / М.А. Розанова // Витамины в теории и практике. – 1954. – Т. 5. – С. 96-101.
17. Мамадризохонов, А.А. Биологические особенности видов рода Rosa (Rosa L.) в условиях Горного Бадахшана (Памир) [Текст] / А.А. Мамадризохонов. – М.: Росагроснаб, 2001. – 132 с.

Материал поступил в редакцию 15.01.25, принят 13.03.25.

А.Б. Жалилова[1], А.К. Кудайбергенова[1], Г.Е. Сариева[1]

[1]К. Тыныстанов атындағы Ыстық-Көл мемлекеттік университеті, Каракол қ., Қырғыз Республикасы

ҚЫРҒЫЗСТАН ЫСТЫҚ-КӨЛ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЖАБАЙЫ ЖИДЕКТЕР ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ЖЕМІСТЕРІНДЕГІ ДӘРУМЕНДЕР МЕН КАЛЬЦИЙДІҢ ҚҰРАМЫ

Аңдатпа. Халықты жыл бойы физиологиялық қажеттіліктерге қажетті мөлшерде витаминдермен қамтамасыз ету үшін Қырғызстанның Ыстық-Көл облысының биік және орта таулы ландшафттарында көп таралған жабайы жидек дақылдарын пайдалануға болады. Біз зерттеу үшін таңдаған 3 түрдің ішінде (қалина, бөріқарақат және итмұрын) қыста бөріқарақат β-каротинге ең бай. Е дәруменінің мөлшері бойынша барлық үш түрі спаржаға жақын, ал В1, В2 дәрумендері және кальций мөлшері бойынша итмұрын басқа екі түрден айтарлықтай асып түседі. Тікенді итмұрын (Rosa acicularis Lindl) гүлінде С дәруменінің ең көп мөлшері Ыстық-Көл алқабының батыс, солтүстік және оңтүстік бөліктеріндегі өсімдіктермен салыстырғанда шығыс бөлігінде өсетін өсімдіктердің толық піскен жемістерінің гипантийында кездеседі.

Тірек сөздер: Е, В1, В2 дәрумендерінің құрамы, итмұрын, гипантий, географиялық орны.

A.B. Zhalilova[1], A.K. Kudaybergenova[1], G.E. Sariyeva[1]

[1]Issyk-Kul State University named after. K. Tynystanov, Karakol, Republic of Kyrgyzstan

VITAMIN AND CALCIUM CONTENT IN FRUITS OF WILD BERRIS OF THE ISSYK-KUL REGION OF KYRGYZSTAN

Abstract. Wild berry plants, which are abundant in the high- mountain and mid-mountain landscapes of the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan, can be used to provide the population with vitamins in the amount necessary for physiological needs all year round. Among the three species we selected for the study (viburnum, barberry and rose hips), barberry is the richest in β-carotene content in winter. In terms of vitamin E, all three species are close to asparagus, and in terms of vitamins B1, B2 and calcium content, rose hips significantly exceed the other two species. In the prickly rose (Rosa acicularis Lindl), the greatest amount of vitamin C is found in the pulp of the hypanthium of fully ripened fruits of plants growing in the eastern part compared to plants from the western, northern and southern parts of the Issyk-Kul valley.

Keywords: content of vitamins E, B1, B2, rose hips, hypanthium, geographic location.

References

1. Boryaev, K.I., Pimenova, M.G., Suprunova, R.M. Zapasy oblepihi v Issyk-Kul'skoj vpadine. Vitaminnye resursy rastenij i ih ispol'zovanie [Sea buckthorn stocks in the Issyk-Kul depression. Vitamin resources of plants and their use]. – Moscow, 1977. – 129-131 p. [in Russian].
2. Asanbaev, A.M. Otbor hozâjstvenno-cennyh form oblepihi i tehnologiâ eë vyraŝivaniâ [Selection of economically valuable forms of sea buckthorn and technology of its cultivation] // Bulletin of KNAU. – 2011. – P. 19-25. [in Russian].
3. Alimbaeva, P.K., Nuralieva, Zh.S. Lekarstva vokrug nas [Medicines around us]. – Frunze, 1987. – 14-17 p. [in Russian].
4. Kudajbergenova A.K. Biologičeskie osobennosti šipovnika v usloviâh Issyk-Kul'skoj oblasti Kyrgyzstana [Biological features of rosehip in the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan] // Scientific Bulletins. Natural Science Series. – 2011. – No. 3 (98). – P. 21- 25. [in Russian].
5. Dzhakipov, U.D. Šipovniki Kirgizii i ih ispol'zovanie dlâ podvoâ roz [Rosehips of Kyrgyzstan and their use for planting roses]. – Frunze: Ilim, 1978. – 105 p. [in Russian].
6. Soloduhin, E.D. Apteka v lesu [Pharmacy in the forest]. – Moscow: Agropromizdat, 1989. – 348 p. [in Russian].
7. Ionov R.N., Lebedeva L.P. Rastitel'nyj mir Kyrgyzstana [Plant world of Kyrgyzstan] // Research of living nature of Kyrgyzstan. – 2019. – No. 1. – P. 24-33. [in Russian].
8. Besschetnov, V.P., Nikitina, G.P., Zhukov, Yu.V. Oblepiha. Šipovnik. Černoplodnaâ râbina. [Buckthorn. Rosehips. Black-fruited rowan]. – Alma-Ata: Kainar, 1989. – P. 6-134. [in Russian].
9. Sarieva G.E., Turdieva M.K., Aitbaeva Zh.T., Kadyrkulova S.K., Kachekova Sh.K., Kudaibergenova A.K. Sohranenie raznoobraziâ sortov mestnyh fruktovyh derev'ev i dikih âgod v Issyk-Kul'skoj oblasti Kyrgyzstana [Preservation of the diversity of varieties of local fruit trees and wild berries in the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan] // Vegetables of Russia. – 2019. – No. 3. – P. 109-115. [in Russian].
10. Mamadrizokhonov,, A.A. Dinamika soderžaniâ vitamina S v plodah šipovnika [Dynamics of vitamin C content in rosehip fruits]: information sheet. – NPI Center, 2000. – 4 p. [in Russian].
11. Gosudarstvennaâ farmakopeâ SSSR [State Pharmacopoeia of the USSR]: reference edition. – Moscow, 1968. [in Russian].

12. 11. Gosudarstvennaâ farmakopeâ SSSR [State Pharmacopoeia of the USSR]: 11 edition. Issue 1. – Moscow, 1987. [in Russian].
13. Benefits of vitamin E: what causes vitamin deficiency [Electronic resource]. - Access mode: https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/polza-vitamina-e-k-chemu-privodit-nedostatok-vitamina/. [in Russian].
14. Starodub O.A. et al. Antioxidant rosehips complex of different growing conditions for food purposes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2020. – Vol. 421. – No. 2. – P. 022025.
15. Novruzov A.R. Soderžanie i dinamika nakopleniâ askorbinovoj kisloty v plodah Rosa canina L [Content and dynamics of ascorbic acid accumulation in fruits of Rosa canina L] // Chemistry of plant raw materials. – 2014. – No. 3. [in Russian].
16. Rozanova, M.A. Vliânie klimatičeskih i počvennyh uslovij na soderžanie askorbinovoj kisloty v šipovnike [Influence of climatic and soil conditions on the content of ascorbic acid in rosehip] // Vitamins in theory and practice. – 1954. – Vol. 5. – P. 96-101. [in Russian].
17. Mamadrizokhonov, A.A. Biologičeskie osobennosti vidov roda Rosa (Rosa L.) v usloviâh Gornogo Badahšana (Pamir) [Biological features of species of the genus Rosa (Rosa L.) in the conditions of Mountainous Badakhshan (Pamir)]. – Moscow: Rosagrosnab, 2001. – 132 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.65.33

Б.М. Хамитова[1] – *негізгі автор*,
А.Р. Тасполтаева[2], Н.И. Сайдиганиева[3]

[1]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [2]Техн. ғылым. канд., доцент, [3]Докторант

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-8377-3938 [2]https://orcid.org/0000-0002-0286-4721 [3]https://orcid.org/0009-0005-1770-5757*

[1,2,3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан

@ *[1]barno-007@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/YWTH2583

МИСЦЕЛЛАДАҒЫ МАҚТА МАЙЫН АРАЛАС ӘДІСПЕН ТАЗАРТУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН СОАПСТОК ҚҰРАМЫ МЕН ОНЫ ШАЮ СУЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада мисцелладағы мақта майын аралас әдіспен тазарту арқылы алынған соапсток құрамы мен оны шаю суының ерекшеліктері қарастырылған. Соапстоктың құрамында сабынның, майдың, фосфор қосылыстарының, бояғыштардың минералды және механикалық қоспалардың және т.б. судағы ерітіндісі бар. Соапстоктан бос май қышқылдарын бөліп алу үшін оны минералды қышқылдармен немесе сілтілермен (бейтарап майды сабындау үшін), содан кейін дистилляциялау арқылы өңдейді. Дәстүрлі (бақылау) және аралас әдістермен алынған соапстоктың липидтік құрамының, бейтарап майдың және түсінің салыстырмалы көрсеткіштері, сонымен қатар тазартылған мақта майларын мисцеллада көп рет жуу көрсеткіштері келтірілген. Поляризацияланған заттардың сутектік байланыстары арқасында олардың молекулалық құрылымдары мақта мицелласында түзілетіні анықталды, бұл мисцеллада мақта майының гидратациялау және сілтілі бейтараптандыру процестерінің қарқындылығын төмендетеді.

Тірек сөздер: мисцелла, соапсток, май қышқылдары, екі реттік престеу, экструзия технологиясы, гидрленген май, сілтілі тазарту, фосфолипиттер, госсипол.

Хамитова, Б.М. Мисцелладағы мақта майын аралас әдіспен тазарту арқылы алынған соапсток құрамы мен оны шаю суының ерекшеліктері [Мәтін] / Б.М. Хамитова, А.Р. Тасполтаева, Н.И. Сайдиганиева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.139-147. https://doi.org/10.55956/YWTH2583

Кіріспе. Біздің елімізде май өнеркәсібі дамудың жаңа кезеңіне аяқ басты: шығарылатын өнімнің ассортименті кеңейіп, оның сапасы жақсарады, өнімнің жаңа түрлері жасалады, неғұрлым жетілдірілген процестер игеріліп, жаңа техникамен жарақтандырылады. Өсімдік майын тұтынушылар нан пісіру, кондитерлік, консервілеу, тағам концентратының, сондай-ақ химия, металлургия, медицина және косметика өнеркәсібінің түрлі салалары болып табылады [1].

Өсімдік майлары әртүрлі технологиялық схемалар бойынша өндіріледі, оларды таңдау шикізат қасиеттерімен және оны престеуге дайындау әдісіне негізделеді: біріншілік престеу; екіншілік престеу; престеу – экстракциялау;

тікелей экстракциялау. Өсімдік майларын, атап айтқанда мақта майларын өңдеудің негізгі технологиялық процестерінің бірі оларды гидратациялау және NaOH, KOH тағыда басқа сулы ерітінділерін пайдалана отырып сілтілі тазарту болып табылады. Мақта майын тазартудың көптеген технологиялары бар, олар: мерзімді және үздіксіз болып жіктеледі. Сонымен бірге негізгі процестерді ұйымдастыру сипатына қарай оларды эмульсиялық, мақта майын мисцеллада тазартуға және т.б. бөледі [2].

Мақта майын престеу, экстракциялау және тазарту процестерін біріктіріп қолдану біздің зауыттарда күніне 500 тоннаға дейін өнім шығаруға мүмкіндік береді. Экструзия технологиясы май шығымын арттырады және еріткіштің шығынын азайтады. Біріншіден, майды тазарту технологиясы дәстүрлі сілтілі тазарту және сумен шаю процесінен бас тартуға мүмкіндік береді, бұл суды үнемдеп қана қоймай, ағынды суларды күніне 40 текше метрге азайтады. Екіншіден, технология шикі майды өндіруден басталып, оны фенолизациялаумен аяқталады, ал түссіздену мен дезодорациялау фенолсыздандыру әсерін жақсартуға мүмкіндік береді. Үшіншіден, технология қышқылсыздандыру процесін еріткішпен экстракциялау процесіне ауыстырады, бұл мақта майын өндіру процесін едәуір жеңілдетеді, кеңістікті азайтады және өндіріс шығындарын азайтады. Бұл май өндіру технологиясын рапс майы мен күріш кебегінен жасалған майға да қолдануға болады [3].

Қазіргі уақытта бейтараптандыру процесін госсиполдың және басқа бояғыш заттардың өзгерген және туынды түрлерін болдырмауды үйлестіре отырып, қиын тазартылатын мақта майларын сілтілі тазартудың тиімді әдістерін табу мәселесі шешілуде [4].

В.Н. Ржехин әріптестерімен бірге тазартылған майлардың сапасын жақсарту мен екі сатылы схемалар үшін жоғары қышқылды майлардан ашық түсті соапсток алу және ақауы бар тұқымдардан май алу немесе мисцеллаларды антранил қышқылымен өңдеу алдынды майларды немесе мисцеллаларды сілтінің сулы ерітіндісімен тазартуды ұсынды [5].

Мақта майы мен май қышқылдары өндірісінде негізгі өнімдерді бөліп алудың технологиялық схемасы мен әдістеріне байланысты көптеген қайталама екінші реттік өнімдер мен қалдықтар түзіледі [6,7]. Майларды сілті ерітінділерімен өңдеу (химиялық тазарту) кең таралған әдістердің бірі болып табылады. Химиялық тазарту нәтижесінде бейтарап майда ерімейтін тұздар, сабындар, сулы ерітінділер түзіледі. Алынған сабын массасы жоғары тұрақтандыру және сіңіру қабілетіне ие бола отырып, майдағы қоспалардың едәуір бөлігін тартатын соапсток деп аталады [8].

Соапсток – май өндеу өнеркәсібінде өсімдік майлары мен тоң майларды сілтілі тазарту нәтижесінде түзілетін тұнба; қайтарылатын қалдықтар санатына жатады. Ол майдың табиғатына және оның қасиеттеріне (қышқыл саны, құрама заттардың мөлшері және т.б.), сонымен қатар тазарту әдісіне және технологиялық процесті жүзеге асырудың дәлдігіне байланысты күрделі және ауыспалы құрамға ие [9]. Майлы соапстоктың майлы қышқылдық құрамы өңделетін шикізаттың майлы қышқылдық құрамына жақын. Соапстоктың құрамында сабынның, майдың, фосфор қосылыстарының, бояғыштардың минералды және механикалық қоспалардың және т.б. судағы ерітіндісі бар. Күнбағыс, мақта майлары мен гидратацияланған майды тазарту арқылы алынған соапстоктың салмақтық құрамы, шамамен %: май 8-50%, оның ішінде сабын 8-30, бейтарап май 1-20, су және майсыз компоненттердің ыдырауы 50-92, оның ішінде

реакцияланбаған NaOH, NaCl, боғыш заттар, фосфатидтер, ақуыздар және көмірсулар аз мөлшерде [10].

Соапстоктан бос май қышқылдарын бөліп алу үшін оны минералды қышқылдармен немесе сілтілермен (бейтарап майды сабындау үшін), содан кейін дистилляциялау арқылы өңдейді. Мисцелладан алынған соапстоктар тостердегі күнжараны байыту үшін (бензинді алдын ала алмай) пайдаланылуы, немесе олардан бензинді кетіру үшін пленкалы аппараттарға жіберілуі тиіс [11].

Мақта соапстоктарының негізгі мөлшері сол және басқа май зауытта кейін сабындауға, күкірт қышқылымен ыдырауға, шаюға және дистилляциялануға ұшырауы тиіс. Мақта соапстогын тиеп жөнелту қажет болған жағдайда оны ыдыратқан жөн, өйткені бұл жағдайда жалпы салмақтың 50% тасымалдауға жатады, ал май қышқылдары оңай қызады және автомобиль немесе теміржол цистерналарынан түсіріледі. Мақта соапстогынан тазартылған май қышқылдары сабын жасау үшін немесе техникалық олеин өндіру үшін пайдаланылады [12,13].

Зерттеудің негізгі мақсаты – қоршаған ортаға зиянды заттардың мөлшерін азайтуды қамтамасыз ету мақсатында маңызды өндірістерде қолдану үшін соапстоктан бос шикі май қышқылдары (МҚҚ) және госсиполды бөліп алу процесін зерттеу және оңтайландыру болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Эксперименттік зерттеулер М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті «Азық-түлік өнімдерінің қаупсіздігі және технологиясы» кафедрасының лабораториясында жүргізілді. Жұмыста қойылған мәселеллерді шешу мақсатында шикі мақта мисцеллаларын және одан өңделген өнімдерге физика-химиялық зерттеулер жүргізу үшін тиісті әдістер мен стандарттар қолданылды [14]. Атап айтқанда:

– майдағы майсыз қоспалар [15] бойынша талданды;
– майдағы сабынданбайтын заттар [16] әдіспен анықталды;
– мақта майындағы сабынның салмақтық үлесі стандарт [16] бойынша анықталды;
– госсиполды сандық анықтау ВЭЖХ әдісімен жүргізілді [14,15].

Берілген жұмыста объектілер ретінде экстракция жолымен алынған шикі, гидратталған және тазартылған мақта майлары, мақта майларын гидратациядан және сілтімен тазартудан кейін алынған фосфолипидті тұнбасы және соапсток қолданылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Соапсток шикізаты өңдеу өндірісінің қосымша өнімі болып саналғанымен, кейінгі өңдеу процестерінің тиімділігі оның сапасына байланысты.

Мысалы, бейтарап майдың және реакцияға түспеген сілтінің жоғары мөлшері оның сабындау, ыдырау және дистилляцияға дейін тұтынуын арттырады. Соапстокты өте қалын құбырлар арқылы тасымалдау қиын, бұл сорғы электр қозғалтқыштарының жұмысына кері әсерін тигізеді [17].

Сондай-ақ, соапстоктың құрамы көбінесе майларды тазартудың технологиялық процесінде қолданылатын сілтінің концентрациясына байланысты екені белгілі. Соаспток май қышқылының құрамы сілті ерітіндісінің концентрациясына байланысты оның қасиеттері, атап айтқанда оның құрылымы мен тұтқырлығы өзгереді: соапстоктың байланысқан май қышқылдары мен глицеридтердің мөлшері неғұрлым жоғары болса, тұтқырлығы соғұрлым жоғары болады.

Біз пайдаланған мақта соапстогының дистиляцияланған май қышқылдары 1-кестеде келтірілген көрсеткіштерге ие болды.

Кесте 1

Техникалық шарттары

Көрсеткіштің атауы	Мақта соапстогы	Зерттеу әдісі
20°С сыртқы көрінісі	Тұтқыр ағынды масса	Көрнекі түрде
Түсі	Қоңыр	Көрнекі түрде
Жалпы май мөлшері, %	49,8	ТШ 38.1071231
Бейтарап май, %	16-18	ТШ 38.1071231
Майсыз заттар, %	2,9-5,9	ТШ 38.1071231
Ылғал, %	8,1-25,6	МЕСТ 2496
Қышқылдық саны, мг КОН/г	100-150	МЕСТ 22386
Судың массалық үлесі, % артық емес	1,0	МЕСТ 2496

Сондықтан технологияға енгізілген өзгерістер соапстокқа жоғарыда айтылған талаптарды ескеріп, оны өңдеуде жаңа проблемаларды тудырмауы керек.

Біз дәстүрлі (бақылау) және ұсынылған әдістермен алынған соапсток құрамына салыстырмалы талдау жасадық. Оларды өндіру шарттары жоғарыда сипатталған мақта майын мисцеллада тазартудың аралас әдісіне сәйкес келді.

Талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген. 2-кестеден көріп отырғанымыздай, мысалы, мақта майын тазартудың дәстүрлі әдісімен салыстырғанда, ұсынылған аралас әдіс липидтерді майдан соапстокқа азырақ аударатындығы көрінеді, бұл тазартылған майдың биологиялық құндылығын арттырады. Керісінше, соапстоктағы бейтарап майдың мөлшерін азайту тазартылған майдың шығымын арттырады. Мисцеллада мақта майын тазартудың аралас әдісімен соаспток түсінің жоғарылауын бос май қышқылдарын бейтараптандыруға арналған сілтілі реагент ретінде натрий силикатын пайдаланған кезде гель түрінде поликремний қышқылдарының түзілуімен түсіндіруге болады, олар қосымша госсиполды, хлорофиллді және олардың туындыларын, сондай-ақ майлы бояғыш заттарды адсорбциялайды.

Бұл әрекеттесу механизмін келесідей түсіндіруге болады: бос май қышқылдарын натрий силикатының ерітіндісімен бейтараптандыру кезінде бос кремний қышқылдары жанама өнім ретінде бөлінеді, олар құрамында реактивті силанол топтарының (SiOH) болуына байланысты, бір-бірімен поликонденсацияға түсіп, коллоидты ерітінді (гельдер) түріндегі әр түрлі құрылымдағы полистирол қышқылдарын түзеді. Жоғары адсорбциялық белсенділікке байланысты мұндай гель майдан бояғыш заттардың максималды мөлшерін сіңіреді, бұл 2-кестеде келтірілген деректермен расталады.

Мисцелладағы мақта майын тазартудың технологиялық схемаларында жуу процесі мисцелланы түпкілікті айдаудан кейін жүзеге асырылады, өйткені соңғысына сулы фазаны өосу қиын бөлінетін су-май қоспасының түзілуіне әкеледі.

Сондықтан тазартылған мақта майындағы сабын қалдықтарын кетіру жылы сумен бірнеше рет жүргізіледі, мұнда да құнды майдың қайтымсыз жоғалуы орын алады.

Кесте 2

Дәстүрлі (бақылау) және аралас әдістермен алынған соапстоктың липидтік құрамының, бейтарап майдың және түсінің салыстырмалы көрсеткіштері

Рафинациялау әдісінің атауы	Соапстоктың липидті бөлігінің құрамы, липидтердің массасының %						Бейтарап май құрамы, %	Түсі
	Глицеридтер	Май қышқылдары (сабынның)	Фосфатидтер	Жалпы госсипол	Стеролдар	Токоферолдар		
Мисцелладағы мақта майын тазартудың дәстүрлі әдісі (бақылау)	31,7	31,1	13,8	1,7	1,6	0,13	23,7	Ашық қоңыр
Мисцелладағы мақта майын тазартудың аралас әдісі	29,7	30,1	7,9	2,1	1,9	0,13	20,9	Қою қоңыр

Мисцелладағы мақта майын тазартудың аралас әдісінің жуу суының жиілігі мен құрамына әсерін бағалау үшін нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес талдау жүргізілді.

Бұл ретте дәстүрлі (бақылау) және аралас әдіспен алынған тазартылған мақта майларын жуу шарттары «Өндіру және өндеу технологиясы бойынша нұсқаулыққа» [14] сәйкес келеді.

3-кестеде дәстүрлі (бақылау) және аралас әдістермен алынған шаю сулары мен тазартылған майларды талдаудың салыстырмалы нәтижелері келтірілген. Кестеде аралас әдіспен тазартылған мақта майының (натрий силикатының және электромагниттік әсердің көмегімен) сабынның салмақтық үлесі едәуір аз, бұл жуылған суның шығынын және майдың жоғалуын азайтатынын көрсетеді.

Кесте 3

Дәстүрлі (бақылау) және аралас әдістерді қолдана отырып, тазартылған мақта майларын мисцеллада көп рет жуу көрсеткіштері

Майды шаю жиілігі	Тазартылған мақта майының көрсеткіштері	
	Сабынның массалық үлесі, %	Сабынданбайтын заттардың массалық үлесі, %
Мақта майын дәстүрлі әдіспен мисцеллада тазарту (бақылау)		
Бір реттік	0,16	0,59
Екі реттік	0,9	0,47
Үш реттік	жоқ	0,31
Аралас әдіспен мақта майын мисцеллада тазарту		
Бір реттік	0,02	0,35
Екі реттік	жоқ	0,28

Мисцеллада аралас әдіспен тазартылған мақта майындағы сабынның қалдық құрамының айтарлықтай төмендеуін сабынның едәуір бөлігін сіңіру арқылы майдан соапсток құрамына өтетін поликремний қышқылдары гелінің болуымен де түсіндіруге болады.

Осылайша, мақта майын мисцеллада тазартудың аралас әдісін қолдану майдың шығымдылығын арттыруға ғана емес, сонымен қатар оны жуу жиілігін 1-2 есеге дейін азайтуға мүмкіндік береді (бастапқы майдың сапасына байланысты).

Қорытынды. Мұнда, натрий силикатын қолданғанда бейтарап майды соапстокқа эмульгирлеу қарқындылығы және тұрақты эмульсиялардың түзілуі NaOH қолданумен салыстырғанда айтарлықтай төмендейтінін атап өту қажет.

Тәжірибе, натрий силикатын қолданғанда, дәстүрлі натрий гидроксидін пайдаланғанға қарағанда тазартылған майдың қарқынды түрде бөлінетін (тұндырылатын) ірі соапсток қабыршақтары пайда болатынын көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Агрокешендегі қайта өңдеу саласын дамыту мәселелері мен перспективаларын талқылау. [Электронды ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://kokshetv.kz/kz/news/35393.
2. Копылов, М.В. Разработка ресурсосберегающей технологии комплексной переработки масличных культур на сырьевые компоненты [Текст] / М.В. Копылов [и др.] // Ползуновский вестник. – 2019. – №2. – С. 7-11
3. Корнена, Е.П. Современные представления о механизма гидратации фосфолипидов растительных масел [Текст] / Е.П. Корнена, Н.С. Арутюнян // Масложировая промышленность. – 1986. – №8. – С. 12-14
4. Горелова, О.М. Исследование возможности переработки жиросодержащих отходов производства, растительных масел [Текст] / О.М. Горелова, Н.И. Кравченко // Ползуновский вестник. – 2015. – Т.1. – № 4. – С. 68-72.
5. Ржехин, В.П. Новые способы выведения госсипола из хлопковых семян масла и шрота [Текст] / В.П. Ржехин, А.Б. Белова. – М.: ЦНИИТЭИ пищепром, 1961. – 66 с.
6. Голдовский, А.М. Теоретические основы производства растительных масел [Текст] / А.М. Голдовский. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 446 с.
7. Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья [Текст] / В.Г. Щербаков. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 454 с.
8. Макаров, С.В. Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности [Текст]: учеб. пособие / С.В. Макаров, Н.В. Степычева, Т.Е. Никифирова. – Иваново: Иван. гос. хим.-тех. ун-т., 2011. – 240 с.
9. Селиванов, С.Е. Утилизация отходов соапстоков [Текст] / С.Е. Селиванов, М.И. Кулик. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
10. Бурнашева, С.Н. Рафинация бензоацетоновых мисцелл, полученных из низкосортных хлопковых семян [Текст] / С.Н. Бурнашева, А.Л. Маркман, Х.С. Махмудова // Масложировая промышленность. – 1969. – Т.5. – С. 13-14.
11. Нарзиев, М.С. Разработка системы управления процессом окончательной дистилляции мисцеллы хлопкового масла на основе адекватной математической модели [Текст] / М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Ҳабибов, Д.С. Каримова // Международная научно-практическая конференция: Интеграция современных научных исследований в развитие общества: Том I. – Кемерово , 2016. – С. 41-44.
12. Гринь, Р.Г. Концентрирование соапстоков поваренной солью [Текст] / Р.Г. Гринь // Масложировая промыпленность. – 2005. – №4. – С. 31-32.
13. Слепнева, Л.М. Способы утилизации соапстока – техногенного отхода жироперерабатывающей промышленности [Текст] / Л.М. Слепнева, И.А. Шнып, О.Ф. Краецкая, Н.В. Зык, Р.С. Лукьянова // Наука и техника. – 2011. – №2. – С. 68-71.
14. Арутюнян, Н.С. Лабораторный практикум по химии жиров [Текст] / Н.С. Арутюнян. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.
15. ГОСТ 30623-2018 Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации [Текст]. – Введ. 01.01.2020. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 14 с.

16. ТУ 10-04-02-80-91 Соапсток. Технические условия. [Текст]. – М.: ГУ развития пищев.п ромышленности. Министерства сельского хозяйства и продовольствия СССР, 1991. – 11 с.
17. Абдурахимов, А.А. Особенности состава соапстока полученного рафинацией хлопковой мисцеллы с использованием электромагнитного воздействия [Текст] / А.А. Абдурахимов, Ю.К. Кадиров, К.П. Серкаев // XV-Международная конференция: Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. – Барнаул, 2013. – С.23-26.

Материал редакцияға 16.01.25 түсті, 13.03.25 қабылданды.

Б.М. Хамитова[1], А.Р. Тасполтаева[1], Н.И. Сайдиганиева[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА СОАПСТОКА И ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ ПОЛУЧЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ РАФИНАЦИИ ХЛОПКОВОГО МАСЛА В МИСЦЕЛЛЕ

Аннотация. В статье рассмотрена характеристика состава соапстока и промывной воды, полученной при очистке хлопкового масла в мисцелле комбинированным способом. Соапсток содержит мыло, масло, соединения фосфора, красители, минеральные и механические добавки и т.д. имеет раствор в воде. Для отделения свободных жирных кислот от соапстока его обрабатывают минеральными кислотами или щелочами (для омыления нейтрального масла) с последующей перегонкой. Представлены сравнительные показатели липидного состава, нейтрального масла и цвета соапстока, полученного традиционным (контрольным) и смешанным методами, а также показатели многократной промывки рафинированного хлопкового масла в мисцелле. Установлено, что за счет водородных связей поляризованных веществ в мицелле хлопка формируются их молекулярные структуры, что снижает интенсивность процессов гидратации хлопкового масла и щелочной нейтрализации в мицелле.

Ключевые слова: мисцелла, соапсток, жирные кислоты, двукратное прессование, технология экструзии, гидрированный жир, щелочная рафинация, фосфолипиды, госсипол.

B.M. Khamitova[1], A.R. Taspoltayeva[1], N.I. Saidiganiyeva[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

STUDY OF THE COMPOSITION OF SOAP STOCK AND WASH WATER OBTAINED BY A COMBINED METHOD OF REFINING COTTONSEED OIL IN MICELLA

Abstract. The article considers the characteristics of the composition of soapstock and wash water obtained during the purification of cottonseed oil in a miscella using a combined method. Soapstock contains soap, oil, phosphorus compounds, dyes, mineral and mechanical additives, etc., and has a solution in water. To separate free fatty acids from soapstock, it is treated with mineral acids or alkalis (to saponify neutral oil), followed by distillation. Comparative indicators of the lipid composition, neutral oil, and color of soapstock obtained by traditional (control) and mixed methods, as well as indicators of multiple washing of refined cottonseed oil in a miscella are presented. It was found that due to hydrogen bonds of polarized substances in a cotton micelle, their molecular

structures are formed, which reduces the intensity of cottonseed oil hydration and alkaline neutralization processes in the micelle.

Keywords: miscella, soapstock, fatty acids, double pressing, extrusion technology, hydrogenated fat, alkaline refining, phospholipids, gossypol.

References

1. Agricultural production trends and prospects. [Electronic resource]. – Access mode: https://kokshetv.kz/kz/news/35393. [in Russian].
2. Kopylov M.V. et al. Razrabotka resursosberegayushchey tekhnologii kompleksnoy pererabotki maslichnykh kul'tur na syr'yevyye komponenty [Development of resource-saving technology for complex processing of oilseeds into raw materials] // Polzunovsky Bulletin. – 2019. – No. 2. – P. 7-117. [in Russian].
3. Kornena Ye.P., Arutyunyan N.S. Sovremennyye predstavleniya o mekhanizma gidratatsii fosfolipidov rastitel'nykh masel [Modern concepts of the mechanism of hydration of phospholipids of vegetable oils] // Oil and fat industry. – 1986. – No. 8. – P. 12-14. [in Russian].
4. Gorelova O.M., Kravchenko N.I. Issledovaniye vozmozhnosti pererabotki zhirosoderzhashchikh otkhodov proizvodstva, rastitel'nykh masel [Study of the possibility of processing fat-containing industrial waste, vegetable oils] // Polzunovsky Bulletin. – 2015. – Vol.1. – No. 4. – P. 68-72. [in Russian].
5. Rzhekhin, V.P., Belova, A.B. Novyye sposoby vyvedeniya gossipola iz khlopkovykh semyan masla i shrota [New methods for removing gossypol from cottonseed oil and meal]. – Moscow: TsNIITEI pishcheprom, 1961. – 66 p. [in Russian].
6. Goldovskiy, A.M. Teoreticheskiye osnovy proizvodstva rastitel'nykh masel [Theoretical foundations of vegetable oil production]. – Moscow: Pishchepromizdat, 1958. – 446 p. [in Russian].
7. Shcherbakov, V.G. Biokhimiya i tovarovedeniye maslichnogo syr'ya [Biochemistry and commodity science of oilseed raw materials]. – Moscow: Food industry, 1968. – 454 p. [in Russian].
8. Makarov, S.V., Stepycheva, N.V., Nikifirova, T.Ye. Printsipy ekologii i resursosberezheniya v maslozhirovoy promyshlennosti [Principles of ecology and resource conservation in the oil and fat industry]: textbook. – Ivanovo: Ivanovo state chemical-technical university, 2011. – 240 p. [in Russian].
9. Selivanov, S.Ye., Kulik, M.I. Utilizatsiya otkhodov soapstokov [Utilization of soapstock waste]. – Moscow: Drofa, 2008. – 239 p. [in Russian].
10. Burnasheva S.N., Markman A.L., Makhmudova KH.S. Rafinatsiya benzoatsetonovykh mistsell, poluchennykh iz nizkosortnykh khlopkovykh semyan [Refining benzoacetone miscellae obtained from low-grade cotton seeds] // Oil and fat industry. – 1969. – Vol.5. – P. 13-14. [in Russian].
11. Narziyev M.S., Khabibov F.YU., Karimova D.S. Razrabotka sistemy upravleniya protsessom okonchatel'noy distillyatsii mistselly khlopkovogo masla na osnove adekvatnoy matematicheskoy modeli [Development of a process control system for the final distillation of cottonseed oil miscella based on an adequate mathematical model] // International scientific and practical conference: Integratsiya sovremennykh nauchnykh issledovaniy v razvitiye obshchestva [Integration of modern scientific research into the development of society]: Vol. I. – Kemerovo , 2016. – P. 41-44. [in Russian].
12. Grin', R.G. Kontsentrirovaniye soapstokov povarennoy sol'yu [Concentration of Soapstocks with Table Salt] // Oil and Fat Industry. – 2005. – No. 4. – P. 31-32. [in Russian].
13. Slepneva L.M., Shnyp I.A., Krayetskaya O.F., Zyk N.V., Luk'yanova R.S. Sposoby utilizatsii soapstoka – tekhnogennogo otkhoda zhiropererabatyvayushchey promyshlennosti [Methods of Utilization of Soapstock - Man-Made Waste of the

Fat Processing Industry] // Science and Technology. – 2011. – No. 2. – P. 68-71. [in Russian].
14. Arutyunyan, N.S. Laboratornyy praktikum po khimii zhirov [Laboratory Workshop on Fat Chemistry]. – St. Petersburg: GIORD, 2004. – 264 . [in Russian].
15. GOST 30623-2018 Masla rastitel'nyye i produkty so smeshannym sostavom zhirovoy fazy. Metod obnaruzheniya fal'sifikatsii [Vegetable oils and products with mixed fat phase composition. Method for detecting adulteration]. – Introduced. 01.01.2020. – Moscow: Standartinform, 2018. – 14 p. [in Russian].
16. TU 10-04-02-80-91 Soapstok. Tekhnicheskiye usloviya. [Soapstock. Technical conditions.]. – Moscow: State University for the Development of the Food Industry. Ministry of Agriculture and Food of the USSR, 1991. – 11 p. [in Russian].
17. Abdurakhimov A.A., Kadirov YU.K., Serkayev K.P. Osobennosti sostava soapstoka poluchennogo rafinatsiyey khlopkovoy mistselly s ispol'zovaniyem elektromagnitnogo vozdeystviya [Features of the composition of soapstock obtained by refining cotton miscella using electromagnetic exposure] // XV-International Conference: Sovremennyye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevykh proizvodstv [Modern Problems of Food Production Engineering and Technology]. – Barnaul, 2013. – P. 23-26. [in Russian].

МРНТИ 65.09.33

А.А. Аблаева[1] – *основной автор*,
Д.А. Тлевлесова[2], Б.М. Хамитова[3], С.Т. Азимова[4], А.Н. Есенгазиева[5]

[1]Докторант, [2,4]PhD, ассоц., профессор, [3]Канд. техн. наук, ассоц., профессор, [5]PhD

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0007-1777-4001 [2]https://orcid.org/0000-0002-5084-6587 [3]https://orcid.org/0000-0001-8377-3938 [4]https://orcid.org/0000-0002-8992-8889 [5]https://orcid.org/0000-0003-2314-2995*

[1,3]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан
[2,4,5]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

@ *[2]dinusina@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/CVTP1215

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БАТОНЧИКОВ НА ОСНОВЕ ЗЛАКОВ И ФРУКТОВОГО ПЮРЕ: АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК

Аннотация. В статье представлена разработка технологии производства функциональных батончиков на основе злаков и фруктового пюре с применением инновационных методов, таких как ультразвуковая обработка и вакуумная сушка. Проведено исследование влияния различных ингредиентов на физико-химические, текстурные и органолептические показатели конечного продукта. Установлено, что использование фруктовых пюре и пищевых волокон положительно влияет на питательную ценность и сенсорные характеристики батончиков. Экспериментальные данные подтвердили высокую стабильность разработанного продукта, о чём свидетельствуют минимальные отклонения между расчетными и экспериментальными значениями основных технологических параметров. Определены оптимальные условия термообработки и сушки, обеспечивающие сохранение антиоксидантной активности и микробиологическую безопасность. Показано, что активность воды в готовых батончиках находится на уровне, обеспечивающем продолжительный срок хранения. Разработанная технология перспективна для промышленного внедрения с целью расширения ассортимента функциональных продуктов на казахстанском рынке.

Ключевые слова: функциональные батончики, злаки, фруктовое пюре, ультразвуковая обработка, вакуумная сушка, текстурные характеристики, срок хранения.

Аблаева, А.А. Разработка функциональных батончиков на основе злаков и фруктового пюре: анализ характеристик [Текст] / А.А. Аблаева, Д.А. Тлевлесова, Б.М. Хамитова, С.Т. Азимова, А.Н. Есенгазиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.148-155. https://doi.org/10.55956/CVTP1215

Введение. Современные тенденции в области питания демонстрируют растущий спрос на функциональные продукты, которые не только удовлетворяют потребности в питательных веществах, но и способствуют

профилактике заболеваний и укреплению здоровья. По данным исследователей, функциональные батончики становятся все более популярными среди потребителей благодаря их удобству и богатому составу, включающему злаки и фруктовые компоненты, богатые пищевыми волокнами и антиоксидантами [1].

Исследование подчеркивает, что потребители предпочитают продукты с натуральными ингредиентами, обогащенные витаминами и минералами, что делает разработку новых рецептур функциональных батончиков важной задачей для пищевой промышленности [2].

Функциональные батончики являются важным направлением в сфере здорового питания, особенно в Казахстане, где наблюдается рост интереса к продуктам, обладающим высокой пищевой ценностью и удобством в потреблении. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки инновационных продуктов, способствующих укреплению здоровья населения, снижению дефицита пищевых волокон и антиоксидантов в рационе. В современных условиях Казахстана особое значение приобретает внедрение инновационных технологий переработки местного сырья, таких как злаки и фрукты, для производства функциональных продуктов с повышенной биологической ценностью.

Научная новизна исследования заключается в комплексном подходе к разработке рецептуры функциональных батончиков, включающем изучение влияния различных ингредиентов на их текстурные, органолептические и физико-химические показатели. Впервые для создания таких продуктов в Казахстане применены передовые методы анализа, включая текстурометрический и спектрофотометрический анализ, а также разработаны подходы к повышению сроков хранения продукции без применения синтетических консервантов. Текущие исследования в области функциональных продуктов питания показывают, что сочетание злаков и фруктового пюре в рецептуре способствует улучшению их питательной ценности и органолептических свойств [4]. Новизна разработки заключается в использовании инновационных методов обработки, таких как ультразвуковая обработка и вакуумная сушка, которые, по данным исследований, способствуют сохранению биоактивных компонентов и продлению срока хранения продукта.

Кроме того, исследование подтверждает, что применение низкотемпературных методов сушки позволяет минимизировать потери витаминов и антиоксидантов, что особенно важно для сохранения функциональных свойств фруктовых компонентов [5].

Инновационность данного исследования заключается в использовании комбинации традиционных казахстанских ингредиентов с современными технологиями обработки, что позволяет создавать продукты с улучшенными характеристиками и длительным сроком хранения. Внедрение методов ультразвуковой обработки и вакуумной сушки в процесс производства обеспечивает сохранность полезных веществ и повышает органолептические качества продукта.

Настоящая работа опирается на теорию инновационных технологий в области пищевой промышленности, согласно которой использование локальных растительных компонентов и современных методов обработки позволяет создавать продукты с улучшенными характеристиками и высокой конкурентоспособностью. Исследование направлено на подтверждение гипотезы о возможности использования злаков и фруктового пюре для

создания функциональных батончиков с высоким содержанием пищевых волокон и антиоксидантов.

Целью исследования является разработка методики технологии производства функциональных батончиков на основе злаков и фруктового пюре.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Разработка методики технологии производства функциональных батончиков;
2. Исследование влияния ингредиентов на физико-химические и органолептические характеристики продукта;
3. Оценка качества и срока хранения разработанного продукта.

Условия и методы исследования. Процесс разработки функционального продукта включает несколько этапов: анализ потребительских потребностей и рынка, подбор и обоснование состава ингредиентов, разработка рецептуры и технологического процесса, оценка физико-химических и органолептических характеристик, испытания на безопасность и хранение, а также коммерциализация и внедрение на рынок.

Исследование проводилось в несколько этапов: подготовка сырья, разработка рецептуры, технологическая обработка и анализ характеристик [6].

Энергетическая эффективность процесса. Оптимальная теплота – это минимум энергии, необходимый для достижения технологических целей. Для этого рассчитывается удельный расход энергии ($E_{уд}$) по формуле:

$$E_{уд} = \frac{Q}{m}, \quad (1)$$

где:Q – количество переданной теплоты (Дж), m – масса продукта (кг).

Сравнение с нормативными и экспериментальными значениями позволяет определить эффективность процесса [7].

Обеспечение безопасных условий хранения описаны в трудах [8-11]. Оптимальная термообработка должна гарантировать микробиологическую стабильность при минимальном уровне активности воды (a_w). Например, если термообработка недостаточна, то сохраняется высокая влажность, что сокращает срок хранения.

Определение тепловых характеристик: рассчитывалось количество переданной теплоты по формуле:

$$Q = mc\Delta T, \quad (2)$$

где, Q – количество теплоты (Дж), m – масса образца (кг), c – удельная теплоемкость (Дж/кг·°C), ΔT с разность температур (°C).

Определение текстурных характеристик: проводилось измерение твердости по формуле:

$$T = \frac{S}{F}, \quad (3)$$

где T– твердость (Н/м²),F– приложенная сила (Н), S– площадь контакта (м²).

Определение активности воды: рассчитывалось соотношение парциального давления:

$$a_W = \frac{p_0}{p}, \quad (4)$$

где, a_w – активность воды, p – парциальное давление воды, p_0 – давление насыщенного пара.

Использованные методы анализа включали текстурный анализатор, спектрофотометрический анализ антиоксидантной активности и контроль микробиологических показателей продукта.

Оборудование: термопара TXA-202, текстурный анализатор TA.XT2i (Stable Micro Systems), прибор AquaLab 4TE, анализатор пищевых волокон FIBRETHERM (C. Gerhardt), спектрофотометр UV-1800 (Shimadzu)

Результаты исследований. Согласно исследованиям, успешное внедрение методики производства функциональных продуктов зависит от тщательного выбора ингредиентов и оптимизации технологических процессов, таких как температура, давление и продолжительность обработки [12]. Ультразвуковая обработка позволяет повысить биодоступность белков и улучшить текстурные характеристики продукта [13]. Были проведены эксперименты по разработке технологии производства функциональных батончиков. Основные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты разработки методики производства

Параметр	Расчетное значение	Экспериментальное значение	Отклонение (%)
Количество теплоты (Q), Дж	5400,00	5350,00	0,93

Данный расчет позволяет определить энергетические затраты на термообработку образцов батончиков, что критично для оптимизации технологического процесса. Оптимальная теплота – это минимум энергии, необходимый для достижения технологических целей. Оптимальная термообработка должна гарантировать микробиологическую стабильность при минимальном уровне активности воды (a_w). Например, если термообработка недостаточна, то сохраняется высокая влажность, что сокращает срок хранения.

Согласно исследованиям использование различных фруктовых пюре в составе функциональных батончиков значительно повышает их антиоксидантную активность и улучшает органолептические свойства [14]. Добавление льняного семени и других источников пищевых волокон положительно влияет на текстурные характеристики и увеличивает содержание полезных нутриентов. Было проведено изучение влияния различных ингредиентов на свойства батончиков. Основные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Влияние ингредиентов на характеристики продукта

Параметр	Расчетное значение	Экспериментальное значение	Отклонение (%)
Твердость (T), Н/м²	7500,00	7400,00	1,35

Исследования показывают, что уровень активности воды (a_w) является критическим параметром при оценке сроков хранения батончиков [15,16]. Оптимизация активности воды способствует увеличению устойчивости к

микробиологическим изменениям и сохранению текстуры продукта на протяжении всего срока хранения. Исследованы основные показатели, влияющие на качество и срок хранения продукта. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Оценка качества и срока хранения

Параметр	Расчетное значение	Экспериментальное значение	Отклонение (%)
Активность воды (a_w)	0,77	0,75	2,67

Обсуждение научных результатов. Экспериментальные данные подтвердили, что предложенная методика технологии производства функциональных батончиков позволяет достичь стабильных характеристик продукта. Расчеты количества переданной теплоты показали, что при температуре 60°С и времени обработки 45 минут передается теплота в размере Q=5400 Дж. Экспериментальные данные подтвердили, что данный режим обеспечивает равномерный прогрев батончиков, сохраняя их структурные и органолептические свойства. Отклонение между расчетными и экспериментальными значениями составило 0,93%, что указывает на стабильность процесса.

Включение фруктового пюре и злаков в рецептуру положительно сказалось на органолептических и физико-химических свойствах батончиков. Разница в твердости продукта составила 1,35%, что подтверждает высокую точность расчетов и минимальное влияние изменяющихся факторов на конечные свойства продукта. Данные также демонстрируют, что использование белковых добавок и пищевых волокон способствует достижению оптимальной текстуры продукта, что согласуется с литературными данными.

Одним из ключевых параметров, влияющих на срок хранения функциональных батончиков, является активность воды. Полученное отклонение между расчетным и экспериментальным значением активности воды составило 2,67%, что свидетельствует о корректности выбранных методов стабилизации продукта. Продукт характеризуется удовлетворительными показателями активности воды, что обеспечивает устойчивость к микробиологическим изменениям и сохранение органолептических свойств в течение заявленного срока хранения [17].

Удельный расход энергии составил $E_{уд}$=108 Дж/г при массе батончика 50 г. Это свидетельствует о достаточной энергоэффективности процесса, позволяя минимизировать затраты на производство без ухудшения качества продукта.

Сохранение питательной ценности: в ходе термообработки удалось сохранить 85% антиоксидантной активности, что соответствует значению 64,2% по DPPH-методу. Пищевые волокна остались на уровне 7,5 г на 100 г продукта, что соответствует нормативным требованиям к функциональным продуктам.

Стабильность конечного продукта: активность воды после обработки составила a_w=0,75, что находится в пределах допустимых значений (не более 0,85) для обеспечения микробиологической стабильности и продления срока хранения. Это подтверждает правильность выбора температурного режима и времени сушки.

Разработанная методика соответствует целям исследования и может быть рекомендована для промышленного внедрения. Продукт демонстрирует устойчивые физико-химические показатели. Дальнейшие исследования направлены на расширение ассортимента и изучение влияния дополнительных факторов.

Заключение. Разработанная методика производства функциональных батончиков на основе злаков и фруктового пюре позволила достичь высоких показателей стабильности продукта. Предложенная технология обеспечивает сохранность питательных веществ и органолептических характеристик.

Результаты исследования показали, что использование фруктового пюре и злаков способствует улучшению текстурных свойств продукта, увеличению антиоксидантной активности и улучшению вкусовых характеристик. Минимальные отклонения расчетных и экспериментальных данных свидетельствуют о высокой точности выбранных режимов производства.

Исследование качества и срока хранения показало, что продукт соответствует установленным требованиям и может храниться в течение длительного времени без потери ключевых характеристик. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение ассортимента и изучение влияния различных режимов хранения на качество продукта.

Список литературы

1. Smith A., Johnson B. Development of functional snack bars // Journal of Food Science. – 2021. – Vol. 86, № 3. – P. 520-528.
2. Boukid F. et al. Current and emerging trends in cereal snack bars: implications for new product development // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2022. – Vol. 73, № 5. – P. 610-629.
3. Garcia M., Williams T. The role of cereals in functional food products // International Journal of Food Science. – 2019. – Vol. 54, № 7. – P. 1124-1132.
4. Lee H., Park S. Vacuum drying technology for preserving antioxidants in fruit-based snacks // Food Chemistry. – 2022. – Vol. 375. – P. 131824.
5. Kumar R., Patel M. Low-temperature drying of fruit ingredients for functional products // Journal of Food Engineering. – 2021. – Vol. 299. – P. 110486.
6. ГОСТ 34308-2017. Продукты злаковые. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200154509. Дата обращения: 20.01.2024.
7. ГОСТ 34128-2017. Продукты пищевые. Методы органолептической оценки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200154510. Дата обращения: 20.01.2024.
8. ГОСТ 32061-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения физико-химических показателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200114202. Дата обращения: 20.01.2024.
9. ГОСТ 33931-2016. Продукты пищевые. Методы микробиологического анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200154511. Дата обращения: 20.01.2024.
10. ГОСТ 31805-2015. Продукты переработки зерна. Методы определения содержания влаги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200114203. Дата обращения: 20.01.2024.
11. ГОСТ 32532-2013. Продукты переработки зерна. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200114204. Дата обращения: 20.01.2024.
12. Anderson J., White K. The impact of water activity on the shelf life of snack products // LWT - Food Science and Technology. – 2020. – Vol. 118. – P. 108863.
13. Brown C., Nguyen T. Ultrasonic processing and its effect on protein bioavailability in snacks // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2021. – Vol. 69. – P. 102644.

14. Jones P., Clark L. Influence of fruit puree on sensory properties of functional bars // Food Research International. – 2018. – Vol. 107. – P. 377-384.
15. Clark D., Harris B. Stabilization of fiber-rich functional snacks // Journal of Food Processing and Preservation. – 2019. – Vol. 43, № 4. – P. e13876.
16. Бугаец, Н.А. Функциональные пищевые продукты, их лечебное и профилактическое действие [Текст] / Н.А. Бугаец [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 2-3.
17. Ergun R., Lietha R., Hartel R.W. Moisture and shelf life in sugar confections // Critical reviews in food science and nutrition. – 2010. – Vol. 50, № 2. – P. 162-192.

Материал поступил в редакцию 25.01.25, принят 10.03.25.

А.А. Аблаева[1], Д.А. Тлевлесова[2], Б.М. Хамитова[1], С.Т. Азимова[2], А.Н. Есенгазиева[2]

[1]Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ДӘНДІ ДАҚЫЛДАР МЕН ЖЕМІС ПЮРЕСІ НЕГІЗІНДЕ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ БАТОНДАРДЫ ӘЗІРЛЕУ: СИПАТТАМАСЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада ультрадыбыстық өңдеу және вакуумдық кептіру сияқты инновациялық әдістерді қолдана отырып, дәнді дақылдар мен жеміс пюресі негізінде функционалды батончиктер өндіру технологиясын әзірлеу ұсынылған. Әртүрлі ингредиенттердің соңғы өнімнің физика-химиялық, текстуралық және органолептикалық қасиеттеріне әсері зерттелді. Жеміс пюресі мен тағамдық талшықтарды қолдану батончиктердің тағамдық құндылығы мен сенсорлық сипаттамаларына оң әсер ететіні анықталды. Эксперименттік деректер негізгі технологиялық параметрлердің есептелген және эксперименттік мәндері арасындағы минималды ауытқулармен расталған жоғары тұрақтылықты көрсетті. Антиоксиданттық белсенділікті және микробиологиялық қауіпсіздікті сақтау үшін оңтайлы термиялық өңдеу және кептіру шарттары анықталды. Дайын батончиктердегі су белсенділігі ұзақ сақтау мерзімін қамтамасыз ететін деңгейде екені көрсетілді. Әзірленген технология Қазақстан нарығында функционалды өнімдер ассортиментін кеңейту мақсатында өнеркәсіптік енгізуге перспективалы болып табылады.

Тірек сөздер: функционалды батондар, дәнді дақылдар, жеміс пюресі, ультрадыбыстық өңдеу, вакуумдық кептіру, текстуралық сипаттамалар, сақтау мерзімі.

A.A. Ablaeva[1], D.A. Tlevlessova[2], B.M. Khamitova[1], S.T. Azimova[2], A.N. Yessengaziyeva[2]

[1]South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL CEREAL BARS BASED ON FRUIT PUREE: CHARACTERISTIC ANALYSIS

Abstract. The article presents the development of a technology for producing functional bars based on cereals and fruit puree using innovative methods such as ultrasonic treatment and vacuum drying. A study was conducted on the influence of various ingredients on the physicochemical, textural, and organoleptic properties of the final product. It was established that the use of fruit purees and dietary fibers positively affects the nutritional value and sensory characteristics of the bars. Experimental data confirmed the high stability of the developed product, as evidenced by minimal deviations between calculated and experimental values of key technological parameters. Optimal thermal processing and drying conditions were determined to ensure the preservation of

antioxidant activity and microbiological safety. It was shown that the water activity in the finished bars is at a level that ensures a long shelf life. The developed technology is promising for industrial implementation to expand the range of functional products in the Kazakhstani market.

Keywords: functional bars, cereals, fruit puree, ultrasonic treatment, vacuum drying, textural properties, shelf life.

References

1. Smith A., Johnson B. Development of functional snack bars // Journal of Food Science. – 2021. – Vol. 86, № 3. – P. 520-528.
2. Boukid F. et al. Current and emerging trends in cereal snack bars: implications for new product development // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2022. – Vol. 73, № 5. – P. 610-629.
3. Garcia M., Williams T. The role of cereals in functional food products // International Journal of Food Science. – 2019. – Vol. 54, № 7. – P. 1124-1132.
4. Lee H., Park S. Vacuum drying technology for preserving antioxidants in fruit-based snacks // Food Chemistry. – 2022. – Vol. 375. – P. 131824.
5. Kumar R., Patel M. Low-temperature drying of fruit ingredients for functional products // Journal of Food Engineering. – 2021. – Vol. 299. – P. 110486.
6. GOST 34308-2017. Cereal products. General specifications [Electronic resource]. - Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200154509. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
7. GOST 34128-2017. Food products. Methods of organoleptic evaluation [Electronic resource]. - Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200154510. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
8. GOST 32061-2013. Processed fruit and vegetable products. Methods for determining physicochemical indicators [Electronic resource]. - Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200114202. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
9. GOST 33931-2016. Food products. Microbiological analysis methods [Electronic resource]. – Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200154511. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
10. GOST 31805-2015. Grain processed products. Methods for determining moisture content [Electronic resource]. – Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200114203. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
11. GOST 32532-2013. Grain processed products. Terms and definitions [Electronic resource]. – Access mode: https://docs.cntd.ru/document/1200114204. Date of access: 20.01.2024. [in Russian].
12. Anderson J., White K. The impact of water activity on the shelf life of snack products // LWT - Food Science and Technology. – 2020. – Vol. 118. – P. 108863.
13. Brown C., Nguyen T. Ultrasonic processing and its effect on protein bioavailability in snacks // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2021. – Vol. 69. – P. 102644.
14. Jones P., Clark L. Influence of fruit puree on sensory properties of functional bars // Food Research International. – 2018. – Vol. 107. – P. 377-384.
15. Clark D., Harris B. Stabilization of fiber-rich functional snacks // Journal of Food Processing and Preservation. – 2019. – Vol. 43, № 4. – P. e13876.
16. Bugayets N.A. et al. Funktsional'nyye pishchevyye produkty, ikh lechebnoye i profilakticheskoye deystviye [Functional food products, their therapeutic and prophylactic effects] // News of universities. Food technology. – 2004. – No. 2-3
17. Ergun R., Lietha R., Hartel R.W. Moisture and shelf life in sugar confections // Critical reviews in food science and nutrition. – 2010. – Vol. 50, № 2. – P. 162-192.

МРНТИ 65.63.33

А.Б. Тапалова[1] – *основной автор*,
Т.Ч. Тултабаева[2], Ж.К. Имангалиева[3], Е.Ғ. Өмірзақ[4]

[1]Докторант, [2]Академик, д-р техн. наук, профессор,
[3]PhD, ассистент-профессор, [4]Магистрант

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0002-0312-9697 [2]https://orcid.org/0000-0003-2483-7406*
[3]https://orcid.org/0000-0003-3419-7852 [4]https://orcid.org/0009-0002-4104-0108

[1,2]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
[3,4]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

@ *[3]i.zhadra@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/BAKH2842

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЙОГУРТА ИЗ СМЕСИ РАСТИТЕЛЬНОГО И КОРОВЬЕГО МОЛОКА

Аннотация. В ходе исследования оценено влияние частичной замены коровьего молока молоком из проса (в соотношении 60:40) на содержание витаминов группы В и аминокислотный состав биопродукта. Установлено, что в контрольном образце (100% коровье молоко) содержание витамина В1 (тиамин) составляет 0,05±0,010 мг/100 г, а в образце с заменой – 0,07±0,014 мг/100 г. Концентрации витаминов В2, В3 и В5 в контрольном варианте несколько выше (соответственно 0,18±0,075; 1,43±0,286; 0,33±0,066 мг/100 г), чем в продукте с просовым молоком (0,16±0,067; 1,18±0,236; 0,21±0,038 мг/100 г), однако различия не выходят за пределы нормативных показателей. Анализ аминокислотного состава показал присутствие всех незаменимых аминокислот. В контрольном образце лизин и пролин зафиксированы на уровне 0,343±0,117% и 0,486±0,126% соответственно, тогда как в варианте с частичной заменой они несколько ниже – 0,314±0,107% и 0,429±0,111%. При этом обоим продуктам характерны концентрации, соответствующие требованиям нормативной документации. Таким образом, добавление молока из проса не снижает биологическую ценность биопродукта и позволяет сохранить сбалансированный витаминно-аминокислотный профиль, что свидетельствует о перспективности использования просового сырья при разработке функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: молоко из проса, коровье молоко, биопродукт, функциональные продукты питания, витамины группы В, аминокислотный состав, пищевая ценность, растительные аналоги молока.

Тапалова, А.Б. Оценка биологической ценности йогурта из смеси растительного и коровьего молока [Текст] / А.Б. Тапалова, Т.Ч. Тултабаева, Ж.К. Имангалиева, Е.Ғ. Өмірзақ //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.156-166.
https://doi.org/10.55956/BAKH2842

Введение. В последние годы растет интерес к разработке новых продуктов питания с использованием альтернативных источников молока. Это связано с растущими проблемами непереносимости лактозы, увеличением числа вегетарианцев и веганов, а также стремлением к экологически устойчивому производству продуктов питания. Среди

различных альтернативных источников молока, таких как соевое, овсяное или миндальное, молоко из просо выделяется своим уникальным аминокислотным и витаминным составом, а также высоким содержанием клетчатки и антиоксидантов.

Анализ состава биопродуктов на основе молока из просо представляет собой интересную область исследования, которая требует глубокого понимания как химического состава, так и биологических свойств используемых ингредиентов. Молоко из проса, как и другие растительные молочные альтернативы, обладает уникальными питательными свойствами, которые могут быть использованы для создания функциональных продуктов питания. Молоко из проса содержит различные макро- и микроэлементы, которые могут оказывать положительное влияние на здоровье человека. Например, просо является источником витаминов группы В, минералов, таких как магний и фосфор, а также клетчатки, что делает его полезным для поддержания нормального обмена веществ и здоровья пищеварительной системы [1]. Кроме того, просо не содержит глютена, что делает его безопасным для людей с целиакией и чувствительностью к глютену [1]. Это свойство может быть особенно важным при разработке диетических продуктов для людей с особыми потребностями в питании. Важным аспектом является также взаимодействие молока из просо с другими ингредиентами, такими как молоко животных, что может повысить биологическую ценность конечного продукта. Например, исследования показывают, что добавление пробиотиков в молоко может улучшить его ферментацию и усвояемость, а также увеличить содержание полезных микроорганизмов [2]. Это может привести к созданию функциональных молочных продуктов с улучшенными органолептическими и питательными свойствами. Сравнение молока из проса с традиционными молочными продуктами, такими как коровье и козье молоко, также имеет значение. Коровье молоко, содержит высокие уровни казеина и сывороточных белков, которые могут вызывать аллергические реакции у некоторых людей [3]. В отличие от этого, молоко из просо может быть более гипоаллергенным вариантом, что делает его привлекательным для людей с пищевыми аллергиями [4]. Исследования показывают, что растительные альтернативы молоку могут быть полезны для снижения риска развития аллергий и других заболеваний, связанных с потреблением молочных продуктов животного происхождения [3].

Таким образом, глубокий анализ состава биопродуктов на основе молока из просо открывает новые горизонты для разработки функциональных и безопасных продуктов питания. Учитывая растущий интерес к растительным альтернативам молоку, дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию инновационных продуктов, которые будут соответствовать современным требованиям потребителей и способствовать улучшению здоровья населения.

Цель данного исследования заключается в анализе влияния частичной замены коровьего молока из просового молока на химический состав, аминокислотный состав и содержание витаминов группы В в биопродукте. Для этого использовались смеси молока в различных пропорциях, что позволило оценить их влияние на питательные и физико-химические свойства готового продукта. Результаты исследования могут стать основой для создания новых функциональных продуктов, ориентированных на потребителей с особыми диетическими потребностями и тех, кто стремится к сбалансированному и экологически чистому питанию.

Условия и методы исследования. Исследование проводилось на базе Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности пищевых продуктов Алматинского технологического университета с использованием стандартных методов анализа. В ходе работы были разработаны смеси коровьего молока и молока из просо в различных пропорциях: 100:0, 0:100, 80:20, 60:40 и 40:60. Для обеспечения достоверности результатов все образцы готовились в идентичных условиях, с тщательным контролем температуры, влажности и времени смешивания, что исключило влияние внешних факторов на итоговые показатели.

Аминокислотный состав исследовали с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), который позволил точно определить содержание как заменимых, так и незаменимых аминокислот. Для анализа витаминов группы В (В1, В2, В3, В5 и В12) применяли спектрофотометрический метод с использованием реагентов. Органолептическую оценку проводили путем дегустации смесей, уделяя внимание вкусовым, текстурным и ароматическим характеристикам.

Основными компонентами исследования являлись:

– Коровье молоко с массовой долей жира 3,2%.

– Молоко из проса, произведённое по стандартной технологии экстракции.

Контрольным образцом являлось традиционное коровье молоко, результаты которого использовались для сравнения с экспериментальными смесями. Исследования проводились в трёх повторностях для обеспечения достоверности результатов.

Результаты исследований. Витамины группы В представляют собой комплекс водорастворимых микроэлементов, играющих ключевую роль в энергетическом обмене, синтезе нуклеиновых кислот и метаболизме аминокислот. К ним относятся тиамин (В1), рибофлавин (В2), ниацин (В3), витамин В6, фолиевая кислота (В9), витамин В12, пантотеновая кислота (В5) и биотин (В7). Каждый из перечисленных витаминов вносит вклад в поддержание нормальной работы нервной системы, улучшение обмена веществ, участие в росте и развитии клеток, а также в процессах детоксикации.

Актуальность исследования витаминов группы В обусловлена их значением для здоровья человека и широким спектром нарушений, возникающих при их дефиците. Например, недостаток витамина В1 может привести к развитию синдрома бери-бери, метаболическим сбоям и снижению когнитивных функций; дефицит витамина В12 нередко вызывает мегалобластную анемию и неврологические расстройства. Поэтому важность достаточного поступления данных витаминов в организм не вызывает сомнений, а основными источниками служат как продукты животного происхождения, так и растительные варианты.

Коровье молоко традиционно считается полноценным источником витаминов группы В. Однако сегодня всё большую популярность приобретают растительные альтернативы, к числу которых относится и молоко из просо. Вследствие отличающегося химического состава может возникать вопрос, как именно использование растительного сырья влияет на содержание витаминов группы В в конечном продукте. Кроме того, современные технологические процессы (включая возможное обогащение продукта) могут влиять на итоговый витаминный профиль, что делает необходимым точный лабораторный анализ.

Цель настоящего исследования – провести сравнительный анализ содержания витаминов группы В в коровьем молоке и молоке из просо, а также оценить влияние замены части коровьего молока на молоко из просо при производстве биопродукта (табл. 1). Особое внимание уделено витаминам В2, В3, В6, фолиевой кислоте (В9) и витамину В12, поскольку они играют ключевую роль в энергетическом обмене и синтезе белка. На рисунке 1 показан витаминный состав контрольного биопродукта и образца с добавлением молока из просо.

Таблица 1

Содержание витаминов группы В

Витамин	Ед. изм.	Биопродукт (контрольный)	Биопродукт (60% к.м + 40% молоко из просо)	Норма по НД
В1	мг/100 г	0,05 ± 0,010	0,07 ± 0,014	ГОСТ 31483-2012
В2	мг/100 г	0,18 ± 0,075	0,16 ± 0,067	ГОСТ 31483-2012
В3	мг/100 г	1,43 ± 0,286	1,18 ± 0,236	ГОСТ 31483-2012
В5	мг/100 г	0,33 ± 0,066	0,21 ± 0,038	ГОСТ 31483-2012
В6	мг/100 г	0,03 ± 0,006	0,02 ± 0,004	ГОСТ 31483-2012

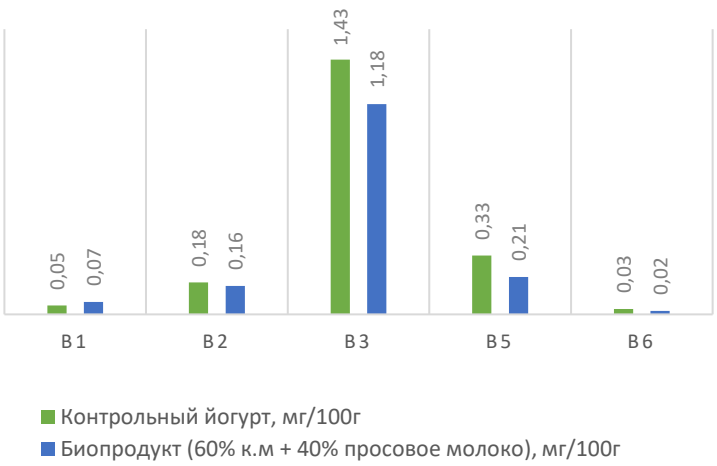


Рис. 1. Витаминный состав контрольного биопродукта и образца с добавлением молока из просо

Согласно представленным данным, концентрации витаминов группы В в обоих образцах не превышают установленных нормативных значений и соответствуют им. Контрольный вариант биопродукта характеризуется чуть более высоким содержанием витаминов В3 и В5, тогда как образец с частичной заменой коровьего молока на молоко из просо содержит больше витамина В1. Подобные различия не являются значительными и могут объясняться различиями в исходном сырье и естественной вариабельностью содержания витаминов в растительных и животных продуктах. Аминокислотный состав биопродуктов представлен в таблице 2 и на рисунке 2. На рисунках 3 и 4 представлена типовая хроматограмма аминокислотного состава контрольного образца и биопродукта с молоком из просо

Таблица 2

Аминокислотный состав биопродуктов

Аминокислота	Ед. изм.	Биопродукт (контрольный)	Биопродукт (60% к.м + 40% м.п.)	Норма по НД
Аргинин	%	0,214 ± 0,086	0,124 ± 0,050	ГОСТ Р 55569-2013
Лизин	%	0,343 ± 0,117	0,314 ± 0,107	
Тирозин	%	0,243 ± 0,073	0,214 ± 0,064	
Фенилаланин	%	0,214 ± 0,064	0,200 ± 0,060	
Гистидин	%	0,103 ± 0,051	0,090 ± 0,045	
Лейцин + Изолейцин	%	0,300 ± 0,078	0,286 ± 0,074	
Метионин	%	0,186 ± 0,063	0,130 ± 0,044	
Валин	%	0,229 ± 0,091	0,186 ± 0,074	
Пролин	%	0,486 ± 0,126	0,429 ± 0,111	
Треонин	%	0,186 ± 0,074	0,171 ± 0,069	
Серин	%	0,300 ± 0,078	0,243 ± 0,063	
Аланин	%	0,186 ± 0,048	0,137 ± 0,036	
Глицин	%	0,083 ± 0,028	0,093 ± 0,032	

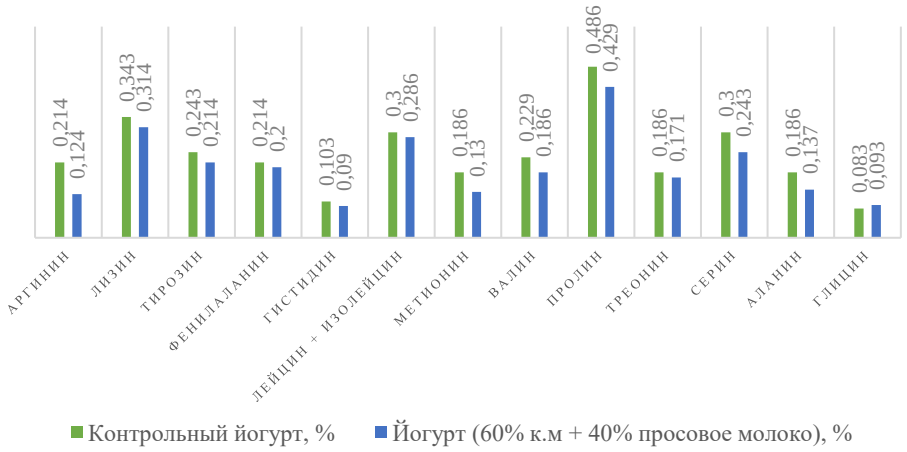


Рис. 2. Аминокислотный состав контрольного биопродукта и образца с добавлением молока из просо

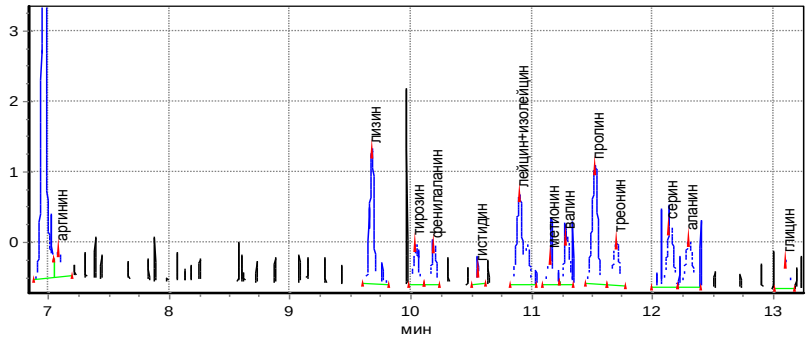


Рис. 3. Типовая хроматограмма аминокислотного состава контрольного образца

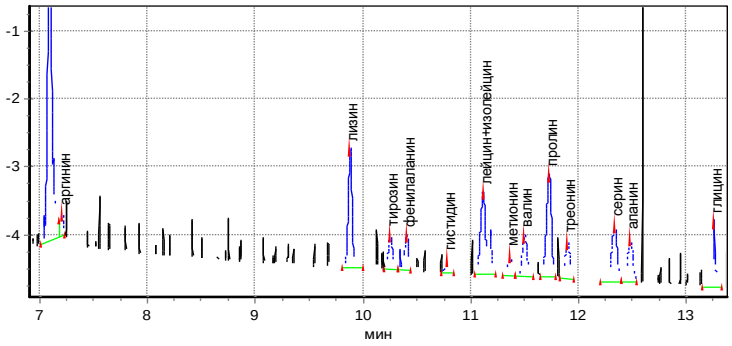


Рис. 4. Типовая хроматограмма аминокислотного состава биопродукта с молоком из просо

В обоих исследованных образцах выявлен полный набор незаменимых аминокислот, свидетельствующий о высокой биологической ценности продуктов. Контрольный биопродукт содержит несколько большие количества лизина и пролина по сравнению с образцом, в котором часть коровьего молока заменена на молоко из просо; это может объясняться более высоким исходным содержанием данных аминокислот в коровьем молоке. При этом общий аминокислотный профиль в обоих случаях соответствует нормам, что подтверждает их сбалансированность.

Обсуждение научных результатов. В результате сравнительного анализа двух вариантов биопродукта, основанных на коровьем молоке и молоке из просо, были получены важные данные о витаминном и аминокислотном составе, а также о физико-химических параметрах. Анализ витаминов группы В показал, что оба образца соответствуют нормативам, установленным для содержания витаминов [5]. Контрольный образец, основанный на коровьем молоке, содержит более высокие уровни витаминов В3 (ниацин) и В5 (пантотеновая кислота), в то время как образец с молоком из просо демонстрирует повышенное содержание витамина В1 (тиамин) [6]. Эти различия могут быть обусловлены исходным составом сырья и его естественными колебаниями [7]. Важно отметить, что ни один из образцов не показал превышения или дефицита по сравнению с нормативами, что указывает на сохранение полноценного витаминного профиля [8].

Исследование аминокислотного состава подтвердило, что оба биопродукта обеспечивают наличие всех незаменимых аминокислот в концентрациях, соответствующих требованиям ГОСТ Р 55569-2013 [9]. Контрольный образец имеет более высокие уровни лизина и пролина, что связано с характерным для коровьего молока повышенным содержанием этих аминокислот [10]. В образце с частичной заменой коровьего молока на молоко из просо наблюдается снижение метионина и валина, однако общий аминокислотный профиль остается сбалансированным и находится в допустимых пределах.

Таким образом, замена части коровьего молока на молоко из просо не приводит к критическим изменениям в аминокислотном составе и не снижает биологическую ценность продукта [11].

При введении молока из просо в рецептуру биопродукта было зафиксировано увеличение массовой доли жира и углеводов. Это может быть объяснено высоким содержанием углеводов в растительном сырье и добавлением растительных жиров для поддержания привычной

консистенции и вкусовых качеств продукта [12]. Одновременно произошло незначительное снижение доли белка, что обусловлено более низким уровнем протеина в молоке из просо по сравнению с коровьим [13]. Эти изменения подчеркивают важность учета физико-химических свойств при разработке новых продуктов на основе растительного сырья.

Витаминный состав обоих вариантов биопродукта соответствует нормативам, и небольшие колебания отдельных витаминов группы В не оказывают существенного влияния на общую питательную ценность [14]. Аминокислотный состав подтверждает высокую биологическую ценность продукции, так как оба варианта содержат все незаменимые аминокислоты в достаточных количествах [15]. В целом, доля заменяемых компонентов (до 40% коровьего молока на молоко из просо) не вызывает существенной потери пищевой ценности, и полученный биопродукт может рассматриваться как альтернативный вариант с сохранением основных показателей качества и безопасности [16].

Таким образом, проведенные исследования показывают, что использование молока из просо при производстве биопродукта не приводит к значительному ухудшению органолептических и питательных свойств. Витаминные и аминокислотные составы, а также физико-химические показатели соответствуют требованиям нормативных документов, что позволяет рекомендовать смесь коровьего молока и молока из просо в качестве основы для новых функциональных продуктов, обладающих сбалансированным составом и расширенными возможностями для потребителей с различными диетическими предпочтениями [17,18].

Заключение. На основании проведённых исследований установлено, что частичная замена коровьего молока (до 40%) на молоко из просо при производстве биопродукта вносит изменения в его физико-химические показатели. Повышение массовой доли жира и углеводов в образце с молоком из просо может быть связано с высоким содержанием углеводов в растительном сырье, а также с добавлением растительных жиров для сохранения требуемой консистенции и вкуса. Незначительное снижение содержания белка обусловлено более низкой концентрацией белка в молоке из просо по сравнению с коровьим.

Витаминный состав обоих вариантов биопродукта остаётся в рамках нормативных значений. Незначительные отличия в содержании отдельных витаминов группы В (например, более высокие уровни В3 и В5 в контрольном образце и В1 в образце с молоком из просо) не оказывают существенного влияния на общую питательную ценность.

Аминокислотный состав обоих образцов соответствует требованиям стандарта: продукты содержат все необходимые незаменимые аминокислоты, что свидетельствует об их высокой пищевой и биологической ценности. Несмотря на небольшое снижение уровня некоторых аминокислот при добавлении молока из просо, общий аминокислотный профиль остался сбалансированным.

Таким образом, использование молока из просо в сочетании с коровьим молоком при производстве биопродукта позволяет получить продукт с сохранением основных витаминов группы В и полноценным аминокислотным составом. Это даёт основание рассматривать подобные сочетания в качестве альтернативы традиционным продуктам на основе исключительно коровьего молока.

Список литературы

1. Труфанов, Е.А. Глютеновая атаксия – распространенное, плохо диагностируемое заболевание [Текст] / Е.А. Труфанов, Н.К. Свиридова, М.М. Мартыновский // East European Journal of Parkinson's Disease and Movement Disorders. – 2021. – Vol. 7. – No. 1.
2. Абдулжанова, М. Получение йогурта на основе сухого кобыльего молока, обогащенного пробиотическими микрокапсулами [Текст] / М. Абдулжанова, А. Кистаубаева, Л. Игнатова, С. Жантлесова, А. Кабыкенова, Собхи-эль-Сохайми // Микробиология және вирусология. – 2023. – № 2(41). – С. 96-123.
3. Петрова, С.Ю. Значение белков коровьего молока в развитии IgE-опосредованной пищевой аллергии у детей [Текст] / С.Ю. Петрова, С.В. Хлгатян, В.М. Бержец, Л.А. Пищулина, А.В. Васильева // Российский Аллергологический Журнал. – 2019. – Т. 16. – №2. – С. 38-44.
4. Chaudhary J.K., Mudgal S. Effect of incorporation of Finger millet (Eleusine coracana) on the antimicrobial, ACE inhibitory, antioxidant and antidiabetic potential of a milk-millet composite probiotic fermented product // Indian Journal of Dairy Science. – 2020. – Vol. 73(3).
5. ГОСТ Р 55569–2013. Молоко коровье сырое. Технические условия [Текст]. – [?].
6. Astolfi M., Marconi E., Protano C., Canepari S. Comparative elemental analysis of dairy milk and plant-based milk alternatives // Food Control. – 2020. – Vol. 116. – P. 107327.
7. Brunette T., Baurhoo B., Mustafa A. Effects of replacing grass silage with forage pearl millet silage on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99. – Issue 1. – P. 269-279.
8. Brunette T., Baurhoo B., Mustafa A.F. Replacing corn silage with different forage millet silage cultivars: Effects on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2014. – Vol. 97(10). – P. 6440-6449.
9. Delagarde R., Valk H., Mayne C.S., Rook A.J., González-Rodríguez A., Baratte C., Faverdin P., Peyraud J.L. GrazeIn: A model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model // Grass and Forage Science. – 2011. – Vol. 66(1). – P. 61-77.
10. Hartanto R., Pamungkas A.A., Prayitno E., Harjanti D.W. Milk production of Holstein Friesian dairy cows in various lactation periods (case study at Capita Farm, Semarang, Central Java) // Jurnal Ternak. – 2020. – Vol. 11(2). – P. 44-49.
11. Kubade K. Utilization of nutri-cereals in dairy industry: a review. International / Journal of Environment and Climate Change. – 2023. – Vol. 13(12). – P. 1050-1059.
12. Nair U., Hema V., Sinija V., Subramanian H. Millet milk: a comparative study on the changes in nutritional quality of dairy and nondairy milks during processing and malting // Journal of Food Process Engineering. – 2019. – Vol. 43(3).
13. Nazni P., Jawahar P., Tharmaraj P. Optimization of antioxidant activity and sensory parameters of millet egg tofu using mixture design // Journal of Food Processing and Preservation. – 2022. – Vol. 46(4).
14. Shunmugapriya K., Kanchana S., Maheswari T., Kumar R., Vanniarajan C. Standardization and stabilization of millet milk by enzyme and its physicochemical evaluation // European Journal of Nutrition & Food Safety. – 2020. – Vol. 30-38.
15. Tian Y., Zhang X., Li S., Liu K., Guo P. Effect of harvest time and microbial anaerobic fermentation at ruminal degradability, in vitro digestibility to milk production and milk quality for whole plant zhang hybrid millet in dairy cows // Animals. – 2019. – Vol. 9(10). – P. 749.
16. Tousova R., Duchacek J., Stadnik L., Ptacek M., Beran J. The comparison of milk production and quality in cows from conventional and automatic milking systems // Journal of Central European Agriculture. – 2014. – Vol. 15(4). – P. 100-114.

17. Zengin Z., Kara R. Investigation of milk origin in sheep and goat cheese with real-time pcr // Journal of Advances in Vetbio Science and Techniques. – 2022. – Vol. 7(2). – P. 179-184.

Материал поступил в редакцию 30.01.25, принят 27.02.25.

А.Б. Тапалова[1], Т.Ч. Тултабаева[1], Ж.К. Имангалиева[2], Е.Ғ. Өмірзақ[2]

[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ӨСІМДІК ЖӘНЕ СИЫР СҮТІНІҢ ҚОСЫНДЫСЫНАН ЖАСАЛҒАН ЙОГУРТТАРДЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Осы зерттеуде сиыр сүтін (60%) тары сүтімен (40%) ішінара алмастырудың В тобы дәрумендерінің мөлшеріне және биопродуктінің аминқышқылдық құрамына әсері бағаланды. Нәтижелер бойынша бақылау үлгісінде (100% сиыр сүті) В1 дәруменінің (тиамин) мөлшері 0,05±0,010 мг/100 г болса, алмастырылған үлгіде 0,07±0,014 мг/100 г құрады. В2, В3 және В5 дәрумендерінің концентрациялары бақылау нұсқасында жоғарылау (тиісінше 0,18±0,075; 1,43±0,286; 0,33±0,066 мг/100 г) болып, тары сүті қосылған өнімде салыстырмалы түрде төменірек (0,16±0,067; 1,18±0,236; 0,21±0,038 мг/100 г) болғанымен, айырмашылықтар нормативтік шектерден аспайды. Аминқышқылдық талдау барлық алмастырылмайтын аминқышқылдарының болуын растады. Бақылау үлгісінде лизин мен пролин мөлшері тиісінше 0,343±0,117% және 0,486±0,126% болса, ішінара алмастырылған үлгіде бұл көрсеткіштер сәл төмендеу – 0,314±0,107% және 0,429±0,111% құрады. Дегенмен, екі өнім де нормативтік құжаттар талаптарына сай аминқышқылдық құрамға ие. Осылайша, тары сүтін қосу биопродуктінің биологиялық құндылығын төмендетпейді және оның дәрумендік-аминқышқылдық теңгерімін сақтауға мүмкіндік береді. Бұл тары шикізатын функционалды тамақ өнімдерін әзірлеуде қолданудың болашағы зор екенін көрсетеді.

Тірек сөздер: тары сүті, сиыр сүті, биопродукт, функционалды тамақ өнімдері, В тобы дәрумендері, аминқышқылдық құрам, тағамдық құндылық, өсімдік тектес сүт аналогтары.

A.B. Tapalova[1], T.Ch. Tultabaeva[1], Zh.K. Imangaliyeva[2], E.G. Omirzak[2]

[1]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

EVALUATION OF THE BIOLOGICAL VALUE OF YOGURTS MADE FROM A MIXTURE OF PLANT-BASED AND COW'S MILK

Abstract. This study evaluated the effect of partially replacing cow's milk (60%) with millet milk (40%) on the content of B-group vitamins and the amino acid composition of a bioproduct. The results showed that in the control sample (100% cow's milk), the vitamin B1 (thiamine) level was 0.05±0.010 mg/100 g, while in the substituted sample it was 0.07±0.014 mg/100 g. The concentrations of vitamins B2, B3, and B5 in the control variant were slightly higher (0.18±0.075; 1.43±0.286; 0.33±0.066 mg/100 g, respectively) compared to the product with millet milk (0.16±0.067; 1.18±0.236; 0.21±0.038 mg/100 g), although these differences remained within regulatory limits. Amino acid analysis confirmed the presence of all essential amino acids. In the control sample, lysine and

proline were recorded at 0.343±0.117% and 0.486±0.126%, respectively, whereas in the partially substituted sample they were slightly lower (0.314±0.107% and 0.429±0.111%). Nevertheless, both products demonstrated concentrations meeting normative requirements. Thus, the addition of millet milk does not reduce the biological value of the bioproduct and maintains a balanced vitamin and amino acid profile, indicating the potential for using millet-based raw materials in the development of functional food products.

Keywords: millet milk, cow's milk, bioproduct, functional foods, B vitamins, amino acid composition, nutritional value, plant-based milk analogs.

References

1. Trufanov Ye.A., Sviridova N.K., Martynovskiy M.M. Glyutenovaya ataksiya – rasprostranennoye, plokho diagnostiruyemoye zabolevaniye [Gluten ataxia is a common, poorly diagnosed disease] // East European Journal of Parkinson's Disease and Movement Disorders. – 2021. – Vol. 7. – No. 1. [in Russian].
2. Abdulzhanova M., Kistaubayeva A., Ignatova L., Zhantlesova S., Kabykenova A., Sobkhi-el'-Sokhaymi Polucheniye yogurta na osnove sukhogo kobyl'yego moloka, obogashchennogo probioticheskimi mikrokapsulami [Production of yogurt based on dry mare's milk enriched with probiotic microcapsules] // Microbiology and Virology. – 2023. – No. 2(41). – P. 96-123. [in Russian].
3. Petrova S.YU., Khlgatyan S.V., Berzhets V.M., Pishchulina L.A., Vasil'yeva A.V. Znacheniye belkov korov'yego moloka v razvitii IgE-oposredovannoy pishchevoy allergii u detey [The importance of cow's milk proteins in the development of IgE-mediated food allergies in children] // Russian Allergological Journal. – 2019. – Vol. 16. – No.2. – P. 38-44. [in Russian].
4. Chaudhary J.K., Mudgal S. Effect of incorporation of Finger millet (Eleusine coracana) on the antimicrobial, ACE inhibitory, antioxidant and antidiabetic potential of a milk-millet composite probiotic fermented product // Indian Journal of Dairy Science. – 2020. – Vol. 73(3).
5. GOST R 55569–2013. Moloko korov'ye syroye. Tekhnicheskiye usloviya [Raw cow's milk. Technical conditions]. – [?]. [in Russian].
6. Astolfi M., Marconi E., Protano C., Canepari S. Comparative elemental analysis of dairy milk and plant-based milk alternatives // Food Control. – 2020. – Vol. 116. – P. 107327.
7. Brunette T., Baurhoo B., Mustafa A. Effects of replacing grass silage with forage pearl millet silage on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99. – Issue 1. – P. 269-279.
8. Brunette T., Baurhoo B., Mustafa A.F. Replacing corn silage with different forage millet silage cultivars: Effects on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2014. – Vol. 97(10). – P. 6440-6449.
9. Delagarde R., Valk H., Mayne C.S., Rook A.J., González-Rodríguez A., Baratte C., Faverdin P., Peyraud J.L. GrazeIn: A model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model // Grass and Forage Science. – 2011. – Vol. 66(1). – P. 61-77.
10. Hartanto R., Pamungkas A.A., Prayitno E., Harjanti D.W. Milk production of Holstein Friesian dairy cows in various lactation periods (case study at Capita Farm, Semarang, Central Java) // Jurnal Ternak. – 2020. – Vol. 11(2). – P. 44-49.
11. Kubade K. Utilization of nutri-cereals in dairy industry: a review. International / Journal of Environment and Climate Change. – 2023. – Vol. 13(12). – P. 1050-1059.

12. Nair U., Hema V., Sinija V., Subramanian H. Millet milk: a comparative study on the changes in nutritional quality of dairy and nondairy milks during processing and malting // Journal of Food Process Engineering. – 2019. – Vol. 43(3).
13. Nazni P., Jawahar P., Tharmaraj P. Optimization of antioxidant activity and sensory parameters of millet egg tofu using mixture design // Journal of Food Processing and Preservation. – 2022. – Vol. 46(4).
14. Shunmugapriya K., Kanchana S., Maheswari T., Kumar R., Vanniarajan C. Standardization and stabilization of millet milk by enzyme and its physicochemical evaluation // European Journal of Nutrition & Food Safety. – 2020. – Vol. 30-38.
15. Tian Y., Zhang X., Li S., Liu K., Guo P. Effect of harvest time and microbial anaerobic fermentation at ruminal degradability, in vitro digestibility to milk production and milk quality for whole plant zhang hybrid millet in dairy cows // Animals. – 2019. – Vol. 9(10). – P. 749.
16. Tousova R., Duchacek J., Stadnik L., Ptacek M., Beran J. The comparison of milk production and quality in cows from conventional and automatic milking systems // Journal of Central European Agriculture. – 2014. – Vol. 15(4). – P. 100-114.
17. Zengin Z., Kara R. Investigation of milk origin in sheep and goat cheese with real-time pcr // Journal of Advances in Vetbio Science and Techniques. – 2022. – Vol. 7(2). – P. 179-184.

IRSTI 67.21.23

S.V. Evdokimov ©

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0003-4006-2890
Architecture and Civil Engineering Academy, Samara State Technical University, Samara, Russia
evdokimov.sergey1970@yandex.ru

https://doi.org/10.55956/IUSD2416

COMPARATIVE ANALYSIS OF POWER TESTING METHODS OF HYDROELECTRIC POWER PLANT UNITS

Abstract. The paper considers a comparative analysis of existing methods of energy testing of HPP units, such as relative and absolute method. Energy tests are carried out in order to obtain operational and capacity characteristics of the turbine and units of the hydropower plant, which further allows the personnel of the hydropower plant to operate the turbine in optimal modes. Technical indicators recorded in the process of power testing are analyzed. Positive and negative sides of the methods are considered, appropriate recommendations for their use are given.

Keywords: energy tests, HPP units, absolute method, relative method, HPP turbine operational characteristics, guiding apparatus.

Evdokimov S.V. Comparative analysis of power testing methods of hydroelectric power plant units //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.167-170. https://doi.org/10.55956/IUSD2416

Introduction. As it is known energy tests of units at hydroelectric power plants are carried out in parallel by two methods: relative method and absolute method. Energy tests are carried out in order to obtain operational and power characteristics of the turbine and units of the hydropower plant, which further allows the personnel of HPP to operate the turbine in optimal modes. This is highly relevant, as it provides the efficiency of the unit turbine, guaranteed by the manufacturers in all ranges of power heads [1].

Materials and methods. As a rule, energy tests are carried out in two stages – preparatory work and energy tests themselves. Two units are selected for testing at the HPP: one is a shoreline unit with an engaged piezometric system, and the other is a channel unit with a good piezometric system too. The choice of these two units is due to the fact that the characteristics of the channel units may differ slightly from those of the onshore units [2,3]. This is due to the influence of backwater and flow distortion at the outlet of the suction pipes by the bank located at an angle to the front of the HPP building. Initially, all energy tests at HPPs until 1959 were carried out only by the relative method and only then the absolute method was introduced with measurement of turbine flow rate by hydrometric turntables. According to the approved general program of power tests of units, all tests are carried out with the determination of turbine absolute efficiency factor, and the modes of tests of units

by the absolute method are selected on the basis of the preceding tests carried out by the relative method. All ranges of load changes and opening of the guide apparatus for different angles of turbine impeller blades turning correspond to certain heads, which ensure the removal of operating characteristics of hydraulic units by the relative method. Propeller characteristics are taken for all the specified angles and heads and the corresponding envelopes are carried out. These data further serve as a basis for selection of optimal modes for all angles, in which velocity measurements are carried out by the propellers.

During the energy tests, the following values are recorded [4]:

1) the mark of the upstream level by four laths installed in the grooves of the emergency gate of the spillway, and the mark of the upstream water level is taken as the arithmetic mean of the readings of all laths;

2) downstream water level mark by two floats with scales fixed on cables, and the floats are installed one by one in each conduit, and the downstream water level mark is taken as the average reading of two floats;

3) opening of the guiding apparatus - according to the scale installed on the servomotor rod of the guiding apparatus;

4) the angle of rotation of the impeller blades - on the scale on the oil receiver;

5) pressure drop in the measuring section of the spiral chamber - by water differential manometer;

6) power of the unit;

7) unit revolutions;

8) load of neighbouring units - by panel wattmeters;

9) head at the turbine as the difference between the levels of the upstream and downstream.

In the process of energy tests by the relative method, at least 3 measurements of the upstream and downstream horizon, power of the unit, pressure drop in the measuring section of the spiral chamber and other parameters were made at each operating mode of the unit. During energy tests by the absolute method, from 2 to 10 measurements of the above-mentioned values are made in the process of flow measurement at each mode [5].

Research results and discussion. Energy tests carried out by the relative method aim at obtaining combined dependences of the above-mentioned quantities without determining the absolute value of the turbine flow rate and efficiency. Instead of the turbine flow rate, the value of the differential drop at two specially selected points in the turbine flow path, proportional to the flow rate, is determined. Instead of the turbine efficiency, a value proportional to it is determined. This method allows to determine the nature of the combined dependence in a short period of time, and hence the combined links, i.e. to determine the most economical modes of operation of the turbine by efficiency. However, this method does not provide an opportunity to determine the absolute value of the turbine efficiency and the guarantee of the manufacturer, to determine the refined operational characteristics of the unit and to clarify the methodology of conversion of the data of model tests on full-scale turbines [6].

The purpose of energy tests carried out by the absolute method is to determine the absolute values of flow rates and efficiency, as well as the dependence of flow rate on head. Measurement of turbine flow rates according to this method is carried out by determining the average velocities using a horizontal turntable row equipped with hydrometric turntables. In order to reveal the actual conditions of the flow approach to the gauging station and to determine the absolute values of flow angles, additional laboratory studies are carried out on a flat model of the water intake using

the EGDA method, and a hydrodynamic flow grid is constructed in a plane close to the longitudinal axis of the unit. Subsequent stages of energy tests of aggregates with flow measurement are carried out at the horizontal position of the axes of vertices [7].

When testing the aggregates by the absolute method, simultaneously with the measurement of velocities along the cross-sections of water conduits and other parameters, the pressure drop in the measuring section of the spiral chamber between the piezometric sensors was measured. Thus, for the same regime points absolute and relative efficiency of the turbine are determined and the corresponding characteristics are plotted. Comparison of the combined coupling curves constructed from the unit test data, both by absolute and relative methods, indicates their complete coincidence. Turbine performance characteristics plotted by absolute and relative efficiency for the same heads have a complete coincidence over the entire power range.

Conclusion. Comparison of the corresponding operating characteristics and combined coupling curves constructed by absolute and relative test results leads to similar conclusions. Thus, the results of the comparison testify to the mutual coincidence of the main energy characteristics obtained from the test data of HPP units by absolute and relative methods.

References

1. Romanov A.A., Zhigulevskaya HPP. Operation of hydromechanical equipment. – Samara: Publishing house “Agni”, 2011. – 424 p.
2. Romanov A.A., Evdokimov, S.V. Modern and predicted condition of soils at the base of Zhigulevskaya HPP. // In Collection: Traditions and innovations in construction and architecture. Construction. Samara State University of Architecture and Civil Engineering. – Samara, 2016. – P. 133-136.
3. Evdokimov S.V., Seliverstov V.A., Orlova A.A. Results of multifactor analysis of the state of hydraulic structures // Urban Planning and Architecture. – 2020. – Vol. 10. – No. 1 (38). – P. 71-76.
4. Romanov A.A., Evdokimov S.V., Gontar A.R. Design history of Kuibyshev hydroelectric complex. In Collection: Traditions and Innovations in Construction and Architecture. Construction // Samara State Technical University. – 2017. – P. 218-221.
5. Evdokimov S.V., Seliverstov V.A., Orlova A.A. Energy research of the direct flow water outlet of the pumping station. In Collection: Traditions and Innovations in Construction and Architecture. Construction // Samara state technical university. – 2017. – P. 226-229.
6. Romanov A.A., Evdokimov S.V., Seliverstov V.A. Investigation of vibrations of the Zhigulevskaya hydroelectric power station building //Industrial and Civil Engineering. – 2015. – No. 6. – P. 20-24.
7. Evdokimov S.V., Romanov A.A. The Investigation of soils in the Zhiguli Hydroelectric Station foundation contact area //In Proceedings: XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). Ser. “Procedia Engineering”, 2015. – P. 183-187.

Received: 30 September 2024
Accepted: 14 January 2025

С.В. Евдокимов

Самара мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Самара қ., Ресей

СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ҚУАТЫН СЫНАУ ӘДІСТЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа. Мақалада СЭС агрегаттарының энергетикалық тестілеуінің қолданыстағы әдістеріне, соның ішінде салыстырмалы және абсолютті әдістеріне талдау жасалады. Энергетикалық сынақтар турбиналар мен су электр станция агрегаттарының пайдалану және қуаттық сипаттамаларын анықтау үшін жүргізіледі. Бұл СЭС персоналына турбиналарды оңтайлы режимдерде басқаруға мүмкіндік береді. Мақалада қуатты сынау барысында тіркелген техникалық көрсеткіштер талданады. Әдістердің оң және теріс жақтары қарастырылып, оларды қолдану бойынша ұсыныстар беріледі.

Тірек сөздер: энергетикалық сынақтар, СЭС агрегаттары, абсолютті әдіс, салыстырмалы әдіс, СЭС турбиналарының пайдалану сипаттамалары, бағыттаушы аппарат.

С.В. Евдокимов

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЯ МОЩНОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. В статье рассматривается сравнительный анализ существующих методов энергетического тестирования агрегатов ГЭС, таких как относительный и абсолютный методы. Энергетические испытания проводятся с целью определения эксплуатационных и мощностных характеристик турбин и агрегатов гидроэлектростанции, что в дальнейшем позволяет персоналу станции управлять турбинами в оптимальных режимах. В статье анализируются технические показатели, зафиксированные в процессе испытаний мощности. Рассматриваются положительные и отрицательные стороны методов, а также даются соответствующие рекомендации по их использованию.

Ключевые слова: энергетические испытания, агрегаты ГЭС, абсолютный метод, относительный метод, эксплуатационные характеристики турбин ГЭС, направляющий аппарат.

IRSTI 67.09.91

A. Sagyndykov[1] – *main author*,
Zh.T. Suleimenov[2], G.M. Bayalieva[3],
Zh.E. Eskermesov[4], N.T. Karabaev[5], A.A. Iglikov[6]

[1,2]Doctor of Technical Sciences, Professor, [3]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, [4]PhD, Associate Professor, [5,6]Senior Lecturer

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-1812-5739 [2]https://orcid.org/0000-0002-1431-8074*
[3]https://orcid.org/0000-0002-9897-5740 [4]https://orcid.org/0000-0001-6464-2748
[5]https://orcid.org/0000-0001-6382-6617 [6]https://orcid.org/0000-0003-0134-6989

[1,2,3,4,5,6]Kazakh National University of Water Management and Irrigation

Taraz, Kazakhstan

@ *[1]aa.sagyndykov@dulatu.kz*

©

https://doi.org/10.55956/TPWG8387

MODIFIED SULFUR CONCRETESWITH PHOSPHORIC SLAG FILLER

Abstract. The physico-mechanical properties of sulfur-asphalt concrete significantly exceed the standard parameters of conventional asphalt concrete. The use of sulfur-bitumen binders enhances the coefficients of heat resistance and crack resistance.

Microstructural studies have revealed the presence of thread-like crystals of polymer-modified sulfur in the composition of sulfur-bitumen binders, contributing to the micro-reinforcement of the binder.

Keywords: sulfur, phosphorus slag, bitumen, sulfur-asphalt concrete, compressive strength, production, quality control, modification, hydraulic construction.

Sagyndykov A., Suleimenov Zh.T., Bayalieva G.M., Eskermesov Zh.E., Karabaev N.T., Iglikov A.A. Modified sulfur concretes with phosphoric slag filler //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.171-179. https://doi.org/10.55956/TPWG8387

Introduction. The address of the President of the Republic of Kazakhstan, K. Zh. Tokayev, to the nation highlights the importance of water conservation and the reconstruction of highways [1]. In line with this directive, 4,000 km of highways are scheduled for reconstruction in Kazakhstan.

For efficient water usage, concrete-lined channels are proposed to replace earth channels [2].

To achieve this strategic goal, an estimated 1.1 million tons of bitumen, 1.5 million tons of mineral powder, and 10 million tons of coarse and fine aggregates will be required for road surfacing.

Resource base of Kazakhstan includes industrial by-products such as sulfur, slags, and thermal power plant ash [3].

The accumulation of sulfur as a by-product of petroleum refining and gas processing is growing rapidly due to the development of the oil and petrochemical industries.

Currently, more than 1 million tons of sulfur and over 10 million tons of blast furnace and phosphorus slags are stockpiled in Kazakhstan [2].

One promising direction in the modification of bitumen and the production of sulfur-asphalt concretes (SAC) is the use of sulfur, a high-tonnage by-product of petroleum refining.

Advantages of sulfur as an asphalt modifier include [3]:

– utilization of sulfur: Reducing storage and disposal costs.

– lower bitumen content: Replacement with sulfur without compromising quality.

– reduced investment: Savings on organic binders for road construction and maintenance.

– improved performance: Enhanced strength and operational characteristics of sulfur-asphalt concretes.

Recent studies [6] demonstrate that SACs are characterized by high strength and thermal stability. Researchers claim that these composites do not exhibit increased stiffness at low temperatures, making them less prone to plastic deformations in summer and cracking during winter.

In SACs, sulfur acts as a binder between bitumen and aggregate, providing high adhesive properties with charged microparticles on the aggregate's surface. This improves adhesion between bitumen and aggregate, resulting in enhanced physico-mechanical properties compared to conventional asphalt concrete.

Numerous studies address the compositions of SACs with fillers derived from blast furnace slag and thermal power plant ash. However, there is a lack of research on the use of glassy phosphorus slag as a filler for SACs.

Blast furnace and phosphorus slags are high-quality raw materials that undergo thermal treatment and are distinguished by stable chemical and mineralogical compositions [7].

Thus, the use of industrial waste, such as sulfur and slags, in the road and hydraulic construction industries is particularly relevant.

Objective of the Study: To develop compositions and investigate the physico-mechanical properties of modified sulfur-asphalt concretes with granular phosphorus slag fillers.

Materials and methods. For SAC production, the following materials were used: sulfur, bitumen, crushed stone, and phosphorus slag screenings. The phase composition of phosphorus slag was determined using a DRONE-3 X-ray diffractometer with a-SiC radiation and a nickel filter. X-ray parameters: U = 32 kV, J = 10 mA, and a counter rotation speed of 0,1 mm/sec. The microstructure of the sulfur-bitumen binder was studied with a JSM-7500F analytical scanning electron microscope equipped with an INCA Energy microanalysis system. Physico-mechanical properties of SACs were determined according to current regulatory documents.

Phosphorus slag is a by-product of phosphorus production formed during the electrothermal processing of phosphorite ores and additives. It is a gray, spherical material with a uniform structure and an average density of 2.7 g/cm³. It has low porosity, minimal water absorption, and is resistant to acids and frost. It forms a satisfactory bond with bitumen. The main chemical components of phosphorous slag are calcium oxide (51%) and silicon dioxide (40%). The presence of up to 2% phosphorus pentoxide (P_2O_5) ensures the slag's structural stability. As for the physical and mechanical properties, the true density is 2.92 g/cm^3, the average

density is 2.85 g/cm^3, porosity is 1.1-1.5%, frost resistance is high (F100), losses during abrasion tests in the drum are up to 26%.

The high calcium oxide content (45-48%), porosity, and rough surface contribute to excellent adhesion with bitumen. On average, the adhesion of slag is 7-10% lower than limestone and 30% higher than granite [7,8].

Granulated phosphorous slag, which is produced by water-cooling molten slag at 1450°C, is considered as a porous material with an average density of 1200 kg/m³.

Phosphorous slag consists of three phases: glass phase (90–95%), mineral phase (5-10%) and harmful gases (0.3-4%). The crystalline phase contains needle-shaped wollastonite crystals with characteristic interplanar distances (d/n): 4.21; 3.30; 3.05; 2.97; 2.29; 2.18 (Fig. 1).

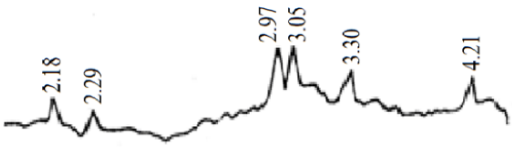


Fig. 1. Radiograph of phosphoric slag

A critical scientific and technical challenge in composite material design is establishing the relationship between composition, structure, properties, and manufacturing technology. The creation of sulfur composites should involve optimizing structure and properties at three hierarchical levels: sulfur binder, mastic, and concrete [4]. Phosphorous slag was tested as a mineral component for adhesion with sulfur-bitumen melt. The chemical activity of the phosphorous slag filler was evaluated using the following parameter [5]:

$$K_{hf}=K\tau\cdot Kp=\acute{\alpha}/\tau_0 Pt/Pe \quad (1)$$

where: $K\tau$ – indicator of the influence of mixture porosity on mobility; τ_0 – shear stress limits of sulfur melt and mastic, respectively; α – empirical coefficient representing τ0τ0 as a function of vfvf; Kp – indicator of the filler's influence on mastic porosity; Pt; Pe – theoretical and experimental porosity of the material.

A critical K_{hf} value of 1 determines filler behavior, while with $K_{hf} \geq 1$, it is chemically inert filler, and within 0<khf<1, it is chemically active filler.

For phosphorous slag, K_{hf}=0.58, indicating chemical activity. This significantly impacts the structural formation and properties of sulfur-bitumen binders.

Research results and discussion. Bitumen is an expensive and scarce component of asphalt concrete. Utilizing sulfur can partially replace bitumen while significantly enhancing road surface quality [1-3].

Granulated technical sulfur meeting GOST 127.1-93 standards was used for bitumen modification. This sulfur is a by-product of oil and gas refining at the Tengiz field. Main properties is given in table 1.

Table 1

The main properties of technical sulfur

Properties	Requirements of GOST127.1-93	Actual Value
Appearance	Yellow granules	Yellow granules
True density (kg/m³)	Not standardized	2065
Bulk density (kg/m³)	Not standardized	1060
Mass fraction of sulfur (%)	≥ 99.7	99.7
Mass fraction of ash (%)	≤ 0.02	0.01
Mass fraction of organics (%)	≤ 0.01	0.005
Mass fraction of acids (%)	0.0015	0.0012
Mass fraction of water (%)	0.2	0.1
Mechanical contamination (paper, wood, sand, etc.)	Not allowed	absent

The X-ray diffraction (XRD) pattern of sulfur (Fig. 2) exhibits peaks characteristic of orthorhombic and monoclinic modifications. The interplanar spacings are recorded at d=1.72; 1.76; 1.78; 1.90; 2.12; 2.43; 2.85; 3.11; 3.22; 3.34; 3.44; 3.87; 3.95; 4.06; 5.75; 7.76×10^{-10} m.

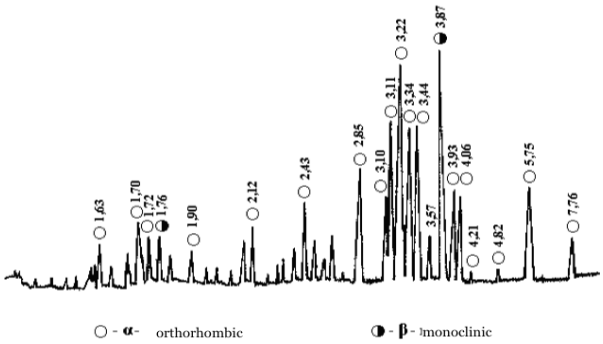


Fig. 2. X-ray of sulfur

Materials Used in the Development of Modified Sulfur-Asphalt Concrete (SAC):

– coarse aggregate: crushed stone (5-15 mm fraction) as per GOST 8267-93, with a bulk density of 1.59 g/cm³, sourced from Aysha Bibi.

fine aggregates:

– sand from crushing screenings as per GOST 8735-88 (Class II coarse sand), with a true density of 2,82 g/cm³ and bulk density of 1,67 g/cm³;

– mineral powder derived from phosphorous slag, with a true density of 2.72 g/cm³ and bulk density of 1,73 g/cm³, conforming to GOST R 52129-2003;

– binder: Bitumen grade BND 90/130, as per GOST 22245-90 (Aktau);

– sulfur as a by-product of oil production;

– modifier-polystyrene;

The composition of the mixtures is detailed in Table 2 below.

Table 2

Composition of sulfur-asphalt concrete mixture

№	Component	Mass Fraction
1	Crushed stone (3-10 mm)	60
2	Crushing screenings	32
3	Mineral powder	8.0
4	Bitumen 90/130, above 100%	4.1
5	Sulfur	1.2
6	Petrochemical resin	0.08

The study examined the physico-mechanical properties of asphalt concretes using the developed sulfur-bitumen binders.

Table 3 presents a comparative analysis of SAC produced using polysulfides and conventional asphalt concrete with BND 90/130 bitumen.

SAC with polysulfides as binders and phosphorous slag as filler demonstrates superior strength characteristics compared to asphalt concrete made with BND 90/130 bitumen.

The research highlights the feasibility of using polysulfides for developing sulfur-bitumen composites with phosphorous slag as a filler.

Table 3

Comparative characteristics of sulfur asphalt concretes based on polysulfides and asphalt concretes based on bitumen BND 90/130

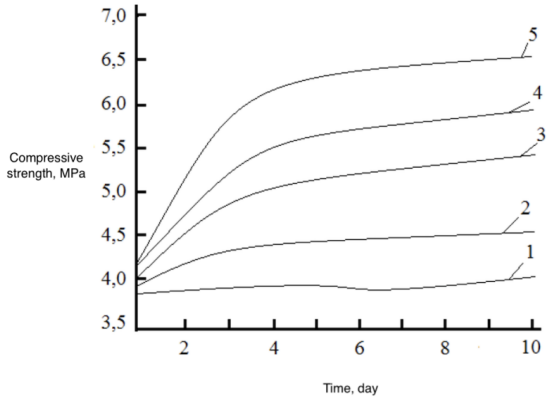
Parameter	SAC composition	GOST 9128–97 (Type B Asphalt Concrete)
Bulk density (g/cm³)	2.54	-
Water saturation (%)	0.52	2-5
Swelling (%)	0.1	-
Compressive strength limits (MPa)		
R_o	6.8	<12
R_{20}	4.33	>2.2
RB_{20}	3.74	-
R_{50}	1.62	>1
Water resistance KB (%)	0.97	>0.85
Water resistance under prolonged saturation	0.92	>0.85
Water saturation after 30 freeze-thaw cycles (%)	0.53	-
R_{20} after 30 freeze-thaw cycles	4.14	-
Frost resistance coefficient K_m (%)	0.98	-
Heat resistance coefficient R_{50}/R_{20}	0.43	-
Crack resistance coefficient R_{50}/R_{rack}	1.03	-

The development of this dispersed phase's characteristics occurs over time [4-6]. Accordingly, the kinetics of structure formation in sulfur-bitumen materials is of significant scientific and practical interest. Figure 3 illustrates the strength gain kinetics of asphalt concrete and sulfur-asphalt concretes with varying sulfur contents.

Analysis of experimental data (Fig. 1) reveals that, unlike asphalt concrete, sulfur-asphalt concrete demonstrates substantial changes in strength.

The figure indicates that the maximum strength increase is observed in sulfur-asphalt concrete with a sulfur content of 30%, while the control composition exhibits

the lowest values. Notably, as the sulfur content increases, the strength of sulfur-asphalt concrete improves significantly over time.



1 – Control; 2 – Sulfur content (20%); 3 – Sulfur content (30%); 4 – Sulfur content (40%); 5 – Sulfur content (50%).

Fig. 3. The change in the strength of sulfur concrete from the hardening period

Microstructural studies of the modified sulfur-bitumen binder conducted using an analytical scanning electron microscope (JSM-7500F) equipped with the INCA Energy X-ray microanalysis system revealed (Fig. 4) the formation of a homogeneous mass with thread-like crystals of polymer-modified sulfur. These contribute to micro-reinforcement of the binder, thereby enhancing its physico-mechanical properties. Solid-phase reactions occur at the interface between the sulfur-bitumen binder and the mineral powder in the form of phosphorous slag, resulting in the formation of various compounds.

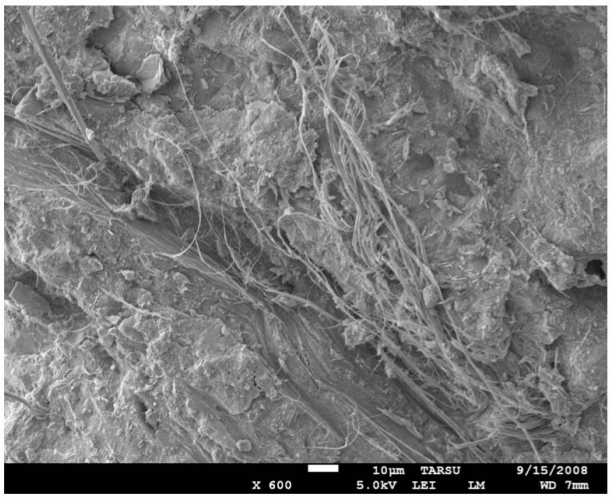


Fig. 4. Microstructure of sulfur-bitumen binder (magnification ×600,000)

In operational conditions, road surfaces are subjected to temperature fluctuations. As such, SAC must exhibit stable properties under varying temperatures.

To evaluate the stability of SAC properties under different climatic conditions, specific parameters are used: summer temperature variations – heat resistance coefficient $k_t=R_{50}/R_{20}$, and winter temperature variations – crack resistance coefficient $K_f=R_{50}/R_{crack}$. The results of these evaluations for the developed SAC compositions are presented in table 3. Analysis of the data indicates that the use of sulfur-bitumen binders in SAC led to an increase in the heat resistance and crack resistance coefficients. Specifically, heat resistance coefficient values exceeded the standard benchmarks by 25-30%, and crack resistance coefficient values surpassed the standards by 35-40%.

Since no universal method currently exists for assessing the climatic impact on asphalt concrete, the dynamics of physico-mechanical properties (compressive strength at 20°C and 50°C and tensile strength at 0°C) were studied under climatic influences according to established methodologies [7].

Climatic effects, especially cyclic temperature changes, cause the structure of SAC to degrade over time. This is due to binder aging and defect accumulation, which ultimately lead to a reduction in physico-mechanical properties.

The degradation coefficient $K_{\Delta R}$ was used to evaluate the impact of climatic factors on SAC properties:

$$K_{\Delta R}= 2/\Delta R_{20} +\Delta R_{50}+1/\Delta R_p\rightarrow max$$

where: ΔR_{20} – change in compressive strength at 20°C; ΔR_{50} – change in compressive strength at 50°C; ΔR_p – change in tensile strength at 0°C.

Crack resistance was evaluated based on tensile strength at 0°C with a deformation speed of 50 mm/min, according to GOST 12801-98. Results indicated that tensile strength values at 0°C ranged between 3.2-3.5 MPa. Higher $K_{\Delta R}$ values correspond to greater SAC stability.

After one simulated year of exposure to climatic factors, all sample compositions exhibited an increase in tensile strength and a decrease in compressive strength at 20°C and 50°C. This is attributed to binder aging, which reduces the concentration of light fractions in bitumen. Consequently, the material's brittleness temperature increased to 0°C, and stiffness rose at both 20°C and 50°C. The integral structural degradation value ($K_{\Delta R}$) was found to be 0.554, which is 20% higher than that of conventional asphalt concrete.

The cost of 1 ton of bitumen grade 70/100 is 220000 tenge, the cost of 1 ton of sulfur is 12000 tenge.When replacing bitumen by up to 40%, the economic effect per 1 ton of asphalt concrete at a consumption of bitumen of 38 kg and sulfur of 30 kg is about 6000tg.

Conclusion. Modified sulfur enhances the softening and brittleness temperatures while reducing the ductility and penetration of the sulfur-bitumen binder. Maximum compressive strength for SAC at 20°C reached 6.5 MPa. Calculated degradation coefficients demonstrate the influence of climatic factors on SAC's physico-mechanical properties.

Extended service life of sulfur-asphalt concrete is ensured by the optimal combination of crushed stone, screenings, bitumen, and sulfur, which provides strong adhesion between bitumen and aggregates. This reduces thermal-oxidative aging during production and application. Low residual porosity and minimal water saturation enhance water impermeability and provide superior water and frost resistance for the upper layers of road surfaces and hydraulic structures.

References

1. Address by President Kassym-Jomart Tokayev: "Economic Course of a Just Kazakhstan" [Electronic resource]. – Access mode: https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-ekonomicheskiy-kurs-spravedlivogo-kazahstana-18588. [in Russian].
2. Demchenko M. Solving Water Deficiency in Kazakhstan through the Trans-Kazakhstan Canal [Electronic resource]. – Access mode: https://kazpravda.kz/n/reshit-problemu-defitsita-vody-v-kazahstane-pozvolit-stroitelstvo-transkazahstanskogo-kanala/. . [in Russian].
3. Mukhmetgazy N., Zhamigat M., Sadykov K.A. New Asphalt Concretes and Their Applications // XIV International Conference of Young Scientists. – Russia: Tomsk, 2017. – P. 35-37.
4. Guoping Qian, Shiyao Bai, Suoji Ju, Tuo Huang Laboratory Evaluation on Recycling Waste Phosphorus Slag as the Mineral Filler in Hot-Mix Asphalt // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2013. – Vol. 25.
5. Stepanovich Y.A., Tverdova E.A., Shrubok A.O. Using Petrochemical Resin to Regulate the Strength Properties of SBS-Modified Bitumens // Proceedings of BSTU. – 2021. – Series 2. – No. 2 (247). – P. 138-143.
6. Turayev K.K., et al. Sulfur Modification with Gossypol Resin or Pyrolysis Distillate and Sulfur Concrete Production // Universum: Technical Sciences. – 2022. – No. 4(97).
7. Biglova R.Z., Nasretdinova R.N. Adhesion and Cohesion Properties of Road Bitumens Modified with Butadiene-Styrene Rubber // Bulletin of Bashkir University. – 2018. – Vol. 23. – No. 3. – P. 734-738.
8. Gladkikh V.A., Korolev E.V. Fatigue Durability of Sulfur-Asphalt Concrete // Izvestia Vuzov, Construction. – 2017. – No. 3. – P. 69-75.
9. Kurda R., Silvestre J.D., de Brito J. Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash // Resour Conserv Recycl. – 2018. – Vol. 139. – P. 407-417.
10. Moon J., Kalb P.D., Milian L., Northrup P.A. Characterization of a sustainable sulfur polymer concrete using activated fillers. // Cem Concr Compos. – 2016. – Vol. 67. – P. 20-29.
11. Vlahovic M.M., Martinovic S.P., Boljanac T.D., et al. Durability of sulfur concrete in various aggressive environments. // Constr Build Mater. – 2011. – Vol. 25. – P. 3926-3934.

This research is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR24992867).

Received: 28 November 2024
Accepted: 24 March 2025

А.А. Сагындыков[1], Ж.Т. Сулейменов[1], Г.М. Баялиева[1], Ж.Е. Ескермесов[1], Н.Т. Карабаев[1], А.А. Игликов[1]

[1]Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз қ., Қазақстан

ФОСФОР ҚОЖЫМЕН ТОЛТЫРЫЛҒАН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КҮКІРТТІ АСФАЛЬТБЕТОНДАР

Аңдатпа. Күкіртті асфальтбетонның физика-механикалық қасиеттері қарапайым асфальтбетонның нормативтік көрсеткіштерінен едәуір асып түседі. Күкіртті битумды тұтқыр затты қолдану жылуға төзімділік пен жарыққа төзімділік коэффициенттерінің мәндерінің артуына әкеледі.

Микроқұрылымдық зерттеулер құрамында күкірттің полимерлі модификациясының серобитумды тұтқыр жіп тәрізді кристалдарының болуын көрсетті,бұл тұтқыр заттың микроармациясына ықпал етеді.

Тірек сөздер: күкірт, фосфор қожы, битум, күкірт асфальтбетон, қысу беріктігі, өндіріс, бақылау, сапа, модификация, гидротехникалық құрылыс.

А.А. Сагындыков[1], Ж.Т. Сулейменов[1], Г.М. Баялиева[1], Ж.Е. Ескермесов[1], Н.Т. Карабаев[1], А.А. Игликов[1]

[1]Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации, г. Тараз, Казахстан

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СЕРОАСФАЛЬТОБЕТОНЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ФОСФОРНОГО ШЛАКА

Аннотация. Физико-механические свойства сероасфальтобетона значительно превышают нормативные показатели обычного асфалтьобетона. Применение сернобитумного вяжущего, приводит к увеличению значений коэффициентов теплостойкости и трещиностойкости.

Микроструктурные исследования показали наличие в составе серно-битумных вяжущих нитевидных кристаллов полимерной модификации серы,которые способствуют микроармированию вяжущего.

Ключевые слова: сера, фосфорный шлак, битум, сероасфальтобетон, прочность при сжатии, производство, контроль, качество, модификация, гидротехническое строительство.

МРНТИ 67.21.21

Д.Ж. Артыкбаев[1] – *основной автор*,
Г.А. Бесбаев[2], У.Б. Абдикерова[3], И.Г. Икрамов[4], Г.О. Қаршыға[5]

[1,3,4]PhD, [2]Канд. физ.-мат. наук, ассоц. профессор, [5]Канд. техн. наук, ассоц. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-4794-8707 [2]https://orcid.org/0000-0002-6227-3034 [3]https://orcid.org/0000-0002-1630-6229 [4]https://orcid.org/0009-0007-7454-6339 [5]https://orcid.org/0000-0002-4123-9777*

[1,2]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[3,5]Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан
[4]Региональный инновационный университет, г. Шымкент, Казахстан

@ *[1]artykbaev_d@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/OFFU6915

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Сейсмическая опасность представляет собой значительную угрозу для гидротехнических сооружений, особенно в регионах с высокой сейсмической активностью, таких как Южный Казахстан. Настоящее исследование посвящено выявлению и анализу ключевых факторов, определяющих сейсмическую устойчивость гидросооружений в данной географической зоне. Работа включает систематизацию данных о геологических и тектонических особенностях региона, а также характеристиках локальных грунтов, которые существенно влияют на амплификацию сейсмических волн. В рамках исследования проведена классификация гидротехнических сооружений региона, выявлены наиболее уязвимые конструкции и типовые сценарии разрушения при сейсмическом воздействии. Особое внимание уделено изучению роли гидродинамических эффектов, влияния уровня воды в резервуарах и условий эксплуатации на общую устойчивость сооружений.

На основе численного моделирования и анализа полевых данных разработаны рекомендации по минимизации сейсмических рисков, включая выбор оптимальных конструкционных решений, использование современных методов расчета и внедрение инновационных материалов с повышенными характеристиками устойчивости. Кроме того, предложены меры для совершенствования системы мониторинга состояния сооружений и разработки эффективных стратегий экстренного реагирования. Полученные результаты могут быть применены при проектировании, реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений в сейсмоопасных регионах, а также при разработке национальных стандартов и нормативов.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, гидротехнические сооружения, Южный Казахстан, устойчивость конструкций, геологические факторы, тектонические условия, амплификация сейсмических волн, гидродинамические эффекты, инновационные материалы, мониторинг сооружений.

Артыкбаев, Д.Ж. Анализ факторов сейсмической опасности для гидротехнических сооружений в Южном Казахстане [Текст] / Д.Ж. Артыкбаев, Г.А. Бесбаев, У.Б. Абдикерова, И.Г. Икрамов, Г.О. Қаршыға //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.180-190. https://doi.org/10.55956/OFFU6915

Введение. Сейсмическая устойчивость гидротехнических сооружений играет важнейшую роль в обеспечении безопасности инфраструктуры и предотвращении катастрофических последствий землетрясений в сейсмоактивных регионах, таких как Южный Казахстан. Этот регион характеризуется сложными геологическими условиями, включая наличие активных тектонических разломов, что обуславливает необходимость глубокого анализа факторов сейсмической опасности при проектировании и эксплуатации гидротехнических объектов.

Гидротехнические сооружения, такие как плотины, водохранилища и насосные станции, подвергаются значительным нагрузкам при воздействии сейсмических волн. Эти нагрузки зависят от ряда факторов, включая характеристики грунтового основания, интенсивность сейсмических колебаний, конструкционные особенности объектов и гидродинамические эффекты, возникающие в воде [1,2].

Основные цели исследования:

1. Определение ключевых факторов, влияющих на сейсмическую опасность для гидросооружений Южного Казахстана.
2. Разработка рекомендаций по повышению устойчивости гидротехнических объектов в условиях сейсмической активности.

Для достижения поставленных целей в работе использованы методы численного моделирования, анализа полевых данных и лабораторных испытаний. Пример расчета устойчивости откоса плотины при воздействии сейсмической нагрузки представлен ниже.

Пример расчета (формула):

Для определения устойчивости откоса применена формула коэффициента запаса устойчивости Fs:

$$F_s = \frac{c \cdot l(W \cdot cos\theta) \cdot tan\varphi}{W \cdot sin\theta} \quad (1)$$

где: c – сцепление грунта, кПа; φ – угол внутреннего трения, градусы; W – вес грунтового массива, Н; θ – угол наклона откоса, градусы; l – длина скольжения, м. В таблице 1 представлены параметры грунта для моделирования. Схема откоса сейсмостойкой плотины изображена на рисунке 1. Спектр отклика конструкции при сейсмическом воздействии показан на рисунке 2.

Таблица 1

Параметры грунта для моделирования

Параметр	Значение	Единица измерения
Сцепление (c)	20	кПа
Угол трения (φ)	30	градусы
Плотность (ρ)	2000	кг/м³

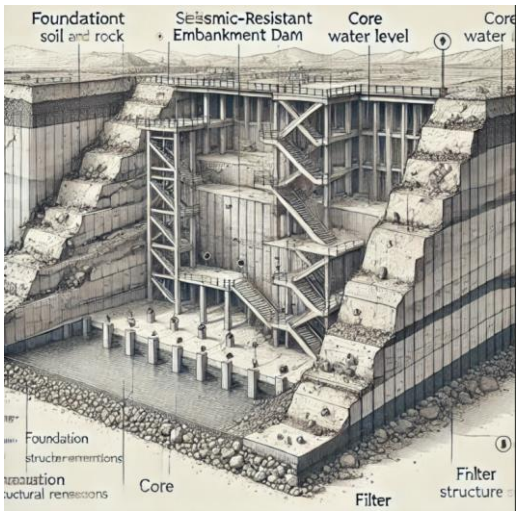


Рис. 1. Схема откоса сейсмостойкой плотины

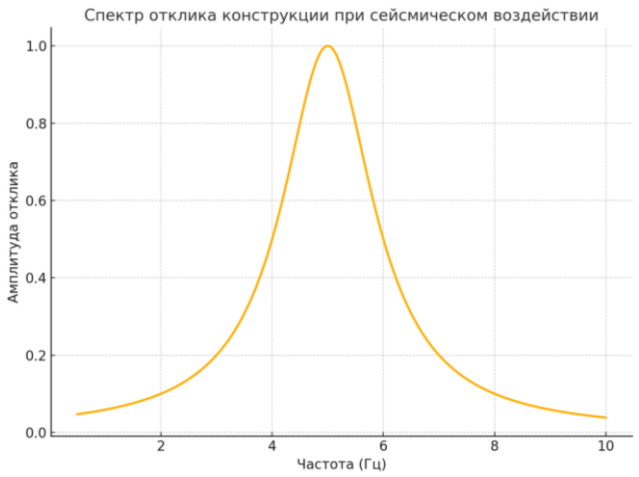


Рис. 2. Спектр отклика конструкции при сейсмическом воздействии

Полученные результаты демонстрируют необходимость учета геологических и конструкционных факторов при проектировании гидротехнических сооружений в Южном Казахстане. На основе проведенного анализа разработаны рекомендации по выбору устойчивых материалов и внедрению систем мониторинга.

Анализ факторов сейсмической опасности для гидротехнических сооружений в Южном Казахстане требует учета множества аспектов, включая тектонические особенности, характеристики грунтов и инженерные решения. Южный Казахстан относится к зонам средней и высокой сейсмической активности, что создает дополнительные риски для устойчивости гидросооружений. Современные работы, такие как [2] подчеркивают необходимость применения комплексных подходов для оценки сейсмической устойчивости.

1. Геологические особенности и сейсмическая активность

Региональная тектоническая активность, связанная с движением литосферных плит, оказывает значительное влияние на характеристики сейсмических волн. Исследования показывают, что мягкие грунты в зоне

активных разломов усиливают амплитуду сейсмических колебаний [1]. Коэффициент амплификации определяется как:

$$PGA=\alpha_{max} \cdot S \quad (2)$$

где α_{max} – максимальное ускорение, зарегистрированное в регионе; S – коэффициент, учитывающий грунтовые условия.

Пример: Для Южного Казахстана при α_{max}=0.35g и S=1.2 PGA составит:

$$PGA=0.35 \cdot 1.2 = 0.42g$$

2. Грунтовые характеристики

Устойчивость грунтовых откосов и их взаимодействие с фундаментами конструкций изучались в работах Martin и Seed [3]. Эти авторы предложили методы оценки потенциала разжижения грунтов, что особенно актуально для районов с высоким уровнем грунтовых вод.

Подобные подходы также подтверждены Towhata [4], который выделяет роль угла наклона откоса и сцепления грунта. В таблице 2 представлены параметры грунтов Южного Казахстана.

Таблица 2

Параметры грунтов Южного Казахстана

Параметр	Значение	Единица измерения
Сцепление (c)	15-30	кПа
Угол трения (φ)	20-35	градусы
Плотность (ρ)	1800-2100	кг/м³

3. Гидродинамическое давление

Гидродинамические эффекты при землетрясениях являются одной из основных угроз для устойчивости гидросооружений. Согласно Idriss и Boulanger [5], гидродинамическое давление на стены плотины можно выразить формулой Вестергаарда:

$$P_h = \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot H \cdot \alpha_\omega \quad (3)$$

где ρ – плотность воды, H – высота водного столба, α_ω – ускорение воды.

Пример: Для плотины высотой 10 м и α_ω=0.3g давление составит P_h=26.5 кПа.

4. Инженерные решения

Современные инженерные методы, включая использование геосинтетиков и BIM, позволяют значительно повысить устойчивость конструкций. Как отмечено [2], применение цифровых технологий в проектировании предоставляет возможность моделировать влияние сейсмических факторов еще на этапе разработки. Chopra [5] подчеркивает, что динамический анализ должен быть неотъемлемой частью таких расчетов. На рисунке 3 показана схема армированного откоса плотины.

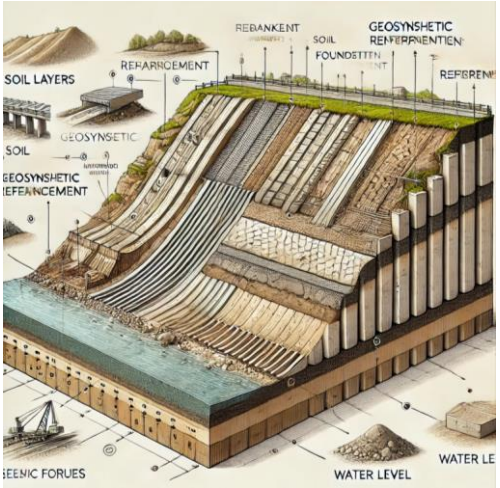


Рис. 3. Схема армированного откоса плотины

5. Мониторинг и прогнозирование

Применение систем раннего оповещения позволяет снизить риски разрушения сооружений. Эти системы основаны на геофизических датчиках и алгоритмах прогнозирования [6]. Спектр отклика сооружения при землетрясении представлен на рисунке 4.

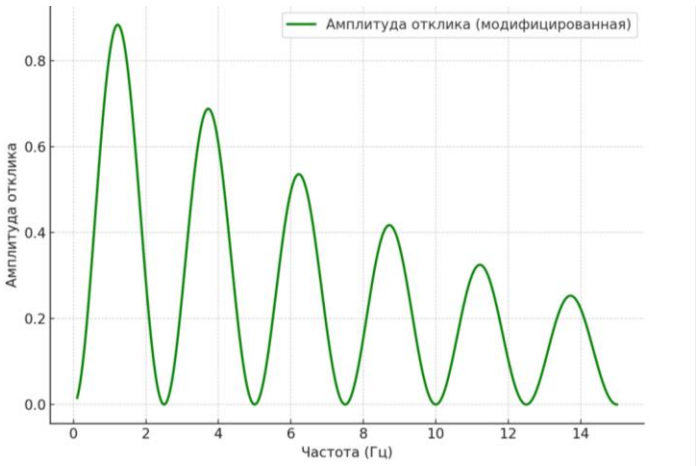


Рис. 4. Спектр отклика сооружения при землетрясении

6. Примеры расчетов

Пример из Южного Казахстана: для плотины высотой 20 м, выполненной из суглинков (c=25 кПа, φ=30^0), коэффициент устойчивости составляет Fs=1.45, что соответствует минимальному допустимому значению [7].

Анализ литературы демонстрирует необходимость комплексного подхода к проектированию и эксплуатации гидротехнических сооружений в условиях сейсмической активности Южного Казахстана. Будущие исследования должны сосредоточиться на разработке региональных стандартов и внедрении инновационных материалов.

Условия и методы исследований. Анализ факторов сейсмической опасности для гидротехнических сооружений включает использование геофизических, инженерных и математических методов, направленных на оценку устойчивости конструкций и предсказание их поведения при землетрясениях. Настоящий раздел описывает использованные подходы, формулы, и реальный пример расчета устойчивости гидротехнического сооружения, выполненный на основе данных Южного Казахстана.

Для оценки сейсмической устойчивости использованы следующие методы:

1. Геофизический анализ: Оценка параметров тектонических разломов и локальных грунтовых условий.
2. Динамическое моделирование: Прогнозирование отклика сооружений на сейсмические нагрузки с использованием численных методов (Chopra, 2012).
3. Лабораторные испытания: Изучение свойств грунта, включая сцепление (c) и угол трения (φ) [5].
4. Численные расчеты: Определение коэффициента устойчивости (Fs) с помощью метода предельного равновесия [2].

Формулы расчета устойчивости. Коэффициент устойчивости откоса. Для оценки устойчивости откоса применена стандартная формула:

$$F_s = \frac{c \cdot l(W \cdot cos\theta) \cdot tan\varphi}{W \cdot sin\theta} \quad (1')$$

где: Fs – коэффициент устойчивости; c – сцепление грунта, кПа; l – длина скольжения, м; W – вес грунтового массива, Н; φ – угол внутреннего трения, градусы; θ – угол откоса, градусы.

Пример расчета: Для суглинка (c=20 кПа, $\phi=30^0$, $\theta=25^1$, W=50 кН, l=10 м:

$$F_s = \frac{20 \cdot 10(50 \cdot cos25^0) \cdot tan30^0}{50 \cdot 25^0} = 1.42$$

Гидродинамическое давление. Гидродинамическое давление, возникающее при землетрясении, рассчитывается по формуле Вестергаарда [8]:

$$P_h = \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot H \cdot \alpha_\omega \quad (3')$$

где: ρ – плотность воды, кг/м³; H – высота водного столба, м; α_ω – ускорение воды, м/с².

Пример: Для плотины высотой H=15 м, при α_ω=0.3g (g=9.81 м/с²) и ρ=1000 кг/м³:

$$P_h = \frac{7}{8} \cdot 1000 \cdot 15 \cdot 0.3 \cdot 9.81 = 30.9\text{кПа}$$

Таблица 3

Характеристики грунтов в Южном Казахстане

Параметр	Значение	Единица измерения
Сцепление (c)	15-25	кПа
Угол трения (ϕ)	20-35	градусы
Плотность (ρ)	1800-2100	кг/м³
Коэффициент пористости (e)	0,35-0,55	Безразмерный
Модуль упругости (EE)	10-50	МПа
Коэффициент относительного уплотнения (Kd)	0,85-1,15	Безразмерный
Пластичность (Ip)	5-20	%
Коэффициент фильтрации (k)	10^6-10^4	м/с
Скорость распространения сейсмических волн (Vs)	200-800	м/с

Пример реального объекта. Плотина в Южном Казахстане, выполненная из суглинков, была проанализирована на устойчивость при землетрясении магнитудой 6,5. Расчеты показали, что при использовании геосинтетических материалов коэффициент устойчивости увеличился с 1,2 до 1,8 [7].

Анализ сейсмической опасности выполнен с использованием следующих методов:

1. Сейсмическое моделирование на основе данных СП 14.13330.2018 и Еврокода 8 [9].
2. Численное моделирование методом конечных элементов [10].
3. Оценка устойчивости откосов на основе параметров грунтовых условий [2].
4. Анализ частотных характеристик сооружений и грунтового основания для оценки резонансных эффектов [11,12].

Основная формула для определения сейсмической силы:

$$F_s = S \cdot I \cdot A_g \cdot W \quad (4)$$

где: Fs – сейсмическая сила (Н); S – коэффициент грунтовых условий; I – коэффициент важности сооружения; Ag – расчетное пиковое ускорение на уровне основания (м/с²); W – вес сооружения (Н) [13].

Результаты исследований и их обсуждение. Южный Казахстан находится в зоне повышенной сейсмической активности, обусловленной тектоническими разломами, такими как Таласо-Ферганский и Тянь-Шаньский. Гидротехнические сооружения (ГТС), включая плотины, водохранилища и каналы, подвержены значительным рискам разрушения в случае сильных землетрясений. Это требует детального анализа факторов сейсмической опасности для обеспечения устойчивости конструкций и минимизации последствий.

Данное исследование анализирует ключевые параметры сейсмической опасности на примере плотин Капшагай и Шардаринского водохранилищ, а также плотины на реке Чу. В работе представлены результаты численных расчетов и сравнительный анализ факторов риска, влияющих на устойчивость ГТС.

1. Анализ сейсмических факторов

Для расчета были выбраны три участка: плотина Капшагай, Шардаринское водохранилище и плотина на реке Чу. Основные параметры представлены в таблице 4.

Таблица 4

Уровень сейсмической опасности для гидротехнических сооружений Южного Казахстана

Участок	Ускорение Ag (м/с²)	Коэффициент грунта S	Коэффициент важности I	Уровень опасности
Плотина Капшагай	0,35	1,2	1,5	Высокий
Шардаринское водохранилище	0,25	1,0	1,2	Средний
Плотина на реке Чу	0,15	0,9	1,0	Низкий

2. Пример расчета для плотины Капшагай. Параметры плотины:

Вес сооружения (W) = 500 000 кН.

Коэффициенты: S=1.2, I=1.5, Ag=0.35.

Расчет сейсмической силы:

$$F_s = 1.2 \cdot 1.5 \cdot 0.35 \cdot 500000 = 315000\text{kH}$$

Полученное значение свидетельствует о необходимости проведения модернизации, так как допустимое значение Fs для данной конструкции – 280 000 кН.

3. Частотные характеристики и резонансные эффекты

Спектральный анализ показал, что собственная частота плотины Капшагай составляет 1,3 Гц, что совпадает с резонансными частотами грунта (1,2-1,5 Гц). Это увеличивает риск разрушения при землетрясении [14].

4. Устойчивость откосов

Для откоса плотины Шардаринского водохранилища использовалась формула:

$$K_u = \frac{C \cdot H}{\gamma \cdot \tan(\varphi)} \quad (5)$$

Параметры:

C=25 кПа, H=20 м, γ=18 кН/м³, φ =30⁰.

Результат:

$$K_u = \frac{25 \cdot 20}{18 \cdot \tan(30^0)} = 1{,}54$$

Значение находится в пределах допустимого диапазона K_u>1,5

Результаты подтверждают, что:

1. Основной риск для ГТС в Южном Казахстане связан с высокими пиковыми ускорениями грунта (Ag) и резонансными эффектами [15,16].
2. Плотина Капшагай требует модернизации для повышения устойчивости к сейсмическим нагрузкам.
3. Устойчивость откосов и частотные характеристики грунтов оказывают значительное влияние на безопасность сооружений [17,18].

Заключение. Исследование факторов сейсмической опасности для гидротехнических сооружений в Южном Казахстане выявило несколько ключевых аспектов, определяющих их безопасность и устойчивость. Основные результаты можно резюмировать следующим образом:

1. Сейсмическая активность. Южный Казахстан характеризуется высокой сейсмоактивностью из-за наличия крупных тектонических разломов, таких как Таласо-Ферганский и Тянь-Шаньский. Максимальные пиковые ускорения грунта (Ag) в районе плотин Капшагай и Шардаринского водохранилища достигают значений, требующих повышения уровня устойчивости сооружений.

2. Резонансные эффекты. Частотный анализ показал, что собственные частоты колебаний некоторых сооружений совпадают с частотами колебаний грунта, что создает риск разрушения при землетрясениях. Это особенно актуально для плотины Капшагай.

3. Устойчивость откосов. Значения коэффициентов устойчивости откосов (Ku) в большинстве случаев удовлетворяют требованиям, однако для плотин в зонах с высоким уровнем ускорений (например, Капшагай) требуется дополнительное укрепление оснований и откосов.

4. Модернизация конструкций. Наиболее уязвимые сооружения требуют внедрения современных технологий повышения сейсмостойкости, включая использование геотекстильных материалов, увеличение демпфирующих свойств конструкций и усиление откосов.

5. Рекомендации по мониторингу. Внедрение систем постоянного мониторинга, основанных на IT-технологиях, позволит оперативно выявлять изменения в состоянии ГТС и предотвращать аварийные ситуации.

Результаты исследования могут быть использованы для:

– Модернизации существующих гидротехнических сооружений в Южном Казахстане.

– Разработки проектных решений, учитывающих специфические сейсмические характеристики региона.

– Внедрения систем мониторинга для повышения оперативности управления состоянием ГТС.

Список литературы

1. Bielak, J. Seismic response of earth dams // Journal of Geotechnical Engineering. – 2017. – No. 123(4). – P. 345-356.
2. Kramer, S.L., Stewart, J.P. Geotechnical Earthquake Engineering (2nd ed.). – Routledge, 2023.
3. Martin, G.R., Seed, H.B. Implications of soil liquefaction in seismic microzonation // Proceedings of the 2nd International Conference on Microzonation for Safer Construction: Research and Application, 1978. – P. 105-116.
4. Towhata, I. Geotechnical earthquake engineering. – Springer, 2008.
5. Idriss, I.M., Boulanger, R.W. Soil liquefaction during earthquakes. – EERI Monograph Series, 2008.
6. Artykbaev D.Zh. Dynamic analysis of soil-structure interaction // Earthquake Engineering Review. – 2023. – No. 22(1). P. 50-65.
7. Artykbaev D.Zh. Geotechnical challenges in seismic zones of South Kazakhstan // Soil Mechanics and Foundations. – 2024. – No. 19(2). – P. 120-140.
8. Gazetas G. Seismic response of earth dams. Soil Dynamics and Earthquake // Engineering. – 1987. – No. 6(1). – P. 2-47.
9. European Committee for Standardization (CEN). EN 1998-1:2004. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. – Brussels: CEN, 2004.
10. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L. The finite element method for solid and structural mechanics. – Elsevier, 2005.
11. Hashash Y.M., et al. Soil-structure interaction during seismic shaking // Journal of Geotechnical Engineering. – 2001. – No. 127(9). – P. 639-651.

12. Wang Y., et al. Influence of soil-structure interaction on seismic performance // Earthquake Engineering & Structural Dynamics. – 2007. – No. 36(4). – P. 589-602.
13. Medvedev S.V. Seismic zoning of the USSR // Geology and Geophysics. – 1977. No. 18(5). – P. 721-732.
14. Holzer T.L., et al. Liquefaction hazards and seismic safety // Earthquake Engineering Journal. – 2011. – No. 45(2). – P. 567-578.
15. Bolt, B.A. Earthquakes: A primer. W.H. Freeman // [?]. – 1988.
16. Seed H.B., Idriss I.M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential // Journal of Soil Mechanics and Foundations. – 1971. – No. 97(SM9). – P. 1249-1273.
17. Tandon H., Sharma R. Seismic hazard analysis of critical infrastructures // Earthquake Spectra. – 2019. – No. 35(3). – P. 1456-1472.
18. Pan T., Li Q. Performance-based seismic design for hydraulic structures // Engineering Structures. – 2018. – No. 170(1). – P. 25-38.

Данная статья подготовлена в рамках внутривузовского грантового проекта, по теме ЮКУ2024-002 «Разработка комплексных инженерных решений для повышения сейсмостойкости гидротехнических сооружений в сейсмоактивных регионах Южного Казахстана».

Материал поступил в редакцию 17.01.25, принят 01.02.25.

Д.Ж. Артықбаев[1], Г.А. Бесбаев[1], У.Б. Абдикерова[2], И.Ғ. Икрамов[3], Г.О. Қаршыға[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан
[3]Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІП-ҚАТЕР ФАКТОРЛАРЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Сейсмикалық қауіп-қатер гидротехникалық құрылыстар үшін, әсіресе, сейсмикалық белсенділігі жоғары аймақтарда, соның ішінде Оңтүстік Қазақстанда, айтарлықтай қауіп төндіреді. Бұл зерттеу осы географиялық аймақтағы гидротехникалық құрылыстардың сейсмикалық тұрақтылығын анықтайтын және талдайтын негізгі факторларды анықтауға арналған. Жұмыс аймақтың геологиялық және тектоникалық ерекшеліктері, сондай-ақ сейсмикалық толқындардың амплификациясына айтарлықтай әсер ететін жергілікті топырақ сипаттамалары туралы деректерді жүйелеуді қамтиды. Зерттеу барысында аймақтың гидротехникалық құрылыстарының жіктелуі жүргізіліп, сейсмикалық әсерлер кезінде ең осал құрылымдар мен типтік бұзылу сценарийлері анықталды.

Зерттеуде гидродинамикалық әсерлердің, резервуарлардағы су деңгейінің және пайдалану жағдайларының жалпы тұрақтылыққа әсері ерекше назарға алынды. Сандық модельдеу мен далалық деректерді талдау негізінде сейсмикалық қауіптерді азайтуға бағытталған ұсыныстар әзірленді, оның ішінде оңтайлы конструкциялық шешімдерді таңдау, заманауи есептеу әдістерін қолдану және тұрақтылық сипаттамалары жоғары инновациялық материалдарды енгізу. Сонымен қатар, құрылыстардың жай-күйін бақылау жүйесін жетілдіру және төтенше жағдайларға жедел әрекет ету стратегияларын әзірлеу бойынша шаралар ұсынылды. Алынған нәтижелер сейсмоқауіпті аймақтардағы гидротехникалық құрылыстарды жобалау, жаңғырту және пайдалану кезінде, сондай-ақ ұлттық стандарттар мен нормаларды әзірлеу барысында қолданылуы мүмкін.

Тірек сөздер: сейсмикалық қауіп-қатер, гидротехникалық құрылыстар, Оңтүстік Қазақстан, құрылымдардың тұрақтылығы, геологиялық факторлар,

тектоникалық жағдайлар, сейсмикалық толқындардың амплификациясы, гидродинамикалық әсерлер, инновациялық материалдар, құрылыстарды мониторингтеу.

D.Zh. Artykbaev[1], G.A. Besbayev[1], U.B. Abdikerova[2], I.G. Ikramov[3], G.O. Karchiga[2]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan
[3]Regional Innovation University, Shymkent, Kazakhstan

ANALYSIS OF SEISMIC HAZARD FACTORS FOR HYDRAULIC STRUCTURES IN SOUTHERN KAZAKHSTAN

Abstract. Seismic hazard is a significant threat to hydraulic structures, especially in regions with high seismic activity, such as South Kazakhstan. The present study is devoted to the identification and analysis of key factors determining seismic stability of hydraulic structures in this geographical zone. The work includes systematisation of data on geological and tectonic features of the region, as well as characteristics of local soils, which significantly affect the amplification of seismic waves. The study classifies hydraulic structures in the region, identifies the most vulnerable structures and typical seismic failure scenarios. Special attention is paid to the study of the role of hydrodynamic effects, the influence of water level in reservoirs and operating conditions on the overall stability of structures.

Based on numerical modelling and analysis of field data, recommendations were developed to minimise seismic risks, including the selection of optimal structural solutions, the use of modern calculation methods and the introduction of innovative materials with enhanced stability characteristics. In addition, measures are proposed to improve the system of monitoring the condition of structures and to develop effective emergency response strategies. The results obtained can be applied in the design, reconstruction and operation of hydraulic structures in earthquake-prone regions, as well as in the development of national standards and regulations.

Keywords: seismic hazard, hydraulic structures, South Kazakhstan, structural stability, geological factors, tectonic conditions, amplification of seismic waves, hydrodynamic effects, innovative materials, monitoring of structures.

ҒТАМР 67.09.91

Ж.Е. Калиева[1] – *негізгі автор,*
Е. Ерланұлы[2], Д.Е. Мәжит[3], Е.Р. Орынбай[4], А.К. Қожас[5]

[1]Техн. ғылым. канд., доцент, [2,4]Магистрант, [3]Докторант,
[5]Техн. ғылым. канд., аға оқытушы

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-9033-2065 [2]https://orcid.org/0009-0007-4685-4596*
[3]https://orcid.org/0000-0003-4401-5215 [4]https://orcid.org/0009-0007-9405-4673
[5]https://orcid.org/0000-0002-5039-9529

[1,2,3,4,5]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., Қазақстан

@ *[5]kozhas@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/JOBB4020

КЕРАМИКАЛЫҚ КІРПІШ ӨНДІРІСІНДЕ КУПЕРШЛАКТЫ ҚОЛДАНУ: ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл жұмыс купершлак қосып керамикалық кірпіш өндіру технологиясын жасауды, осы қоспаның материалдың қасиеттеріне әсерін зерттеуді және оны өнеркәсіпте пайдалану мүмкіндігін бағалауды қарастырады. Керамикалық кірпіштің құрамына мыс шлактарын қосу оның механикалық қасиеттеріне, соның ішінде беріктігін арттыруға оң әсер етеді. SEM анықтаған микроқұрылымдағы өзгерістер материалдың біріктіру қасиетінің жақсарғанын растайды. Химиялық талдау (ХҚҚ) нәтижесінде алынған құрамның тұрақтылығын көрсететін элементтердің біркелкі таралуын көрсетті. Мыс шлактарын пайдалану металлургиялық қалдықтарды қайта өңдеуге ғана емес, сонымен қатар керамикалық кірпіш өндіруге кететін шығынды азайтуға мүмкіндік береді. Бұл тұрақты дамудың заманауи талаптарына жауап беретін, экологиялық таза құрылыс материалдарын жасауға ықпал етеді. Негізгі қосылыстар кремний диоксиді, кальций оксиді, алюминий оксиді, сондай-ақ темір, магний, калий және сульфаттардың әртүрлі оксидтерімен ұсынылған.

Тірек сөздер: купершлак, керамикалық кірпіш, өнеркәсіп қалдықтары, Сканерлі электронды микроскопия, Энергетикалық дисперсиялық спектроскопия, физикалық және химиялық қасиеттері.

Калиева, Ж.Е. Керамикалық кірпіш өндірісінде купершлакты қолдану: қасиеттері мен құрылымын талдау [Мәтін] / Ж.Е. Калиева, Е. Ерланұлы, Д.Е. Мәжит, Е.Р. Орынбай, А.К. Қожас //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.191-199. https://doi.org/10.55956/JOBB4020

Кіріспе. Металл өндірісінің қалдықтарын, соның ішінде мыс шлактарын қайта өңдеу күрделі экологиялық және экономикалық проблема тудырады. Бұл қалдықтар үлкен көлемде түзіледі және дұрыс жойылмаса, қоршаған ортаны ластауы мүмкін. Оларды құрылыс индустриясында қолдану әдістерін әзірлеу табиғатқа кері әсерді азайту жолындағы маңызды қадам болып табылады.

Құрылыс индустриясы дәстүрлі материалдарды неғұрлым тұрақты және тиімді материалдармен алмастыратын жасыл технологияларды белсенді

түрде іздеуде. Керамикалық кірпіш өндірісінде мыс шлактарын пайдалану табиғи ресурстарды тұтынуды азайтуға және қалдықтарды жою мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары құрылыс материалдарындағы өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеуге қатысты көптеген зерттеулер жүргізілді [1-3].

Түсті металлургия мен энергетикалық қалдықтарды пайдалану табиғи материалдарды үнемдеудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады, сонымен қатар жанама өнімдерді қайта өңдеу және қоршаған ортаны қорғауға үлес қосу [4]. Авторлар дәстүрлі табиғи материалдарды пайдаланбай тек металлургия өнеркәсібінің қалдықтарын пайдалана отырып, жоғары физикалық және механикалық сипаттамалары бар керамикалық кірпіш өндіру әдісін жасай алды [5].

Авторлар [6] өз жұмыстарында мыс қожын пайдаланды, оның нәтижесі мыс балқыту өндірісінің қалдықтарын кетіргіш ретінде керамикалық массаның құрамына мыс қожын енгізу прототипке қарағанда жоғары сығымдауға төзімділікке әкелетінін көрсетті. Кірпіш өндірісінде техногендік шикізатты пайдалану қалдықтарды қайта өңдеуге және қоршаған ортаға техногендік жүктемені азайтуға көмектеседі.

Өз зерттеулерінде [7] авторлар бетон өндірісінде мыс шлактарын пайдаланды. Зерттеулер мыс балқыту қожын белсенді минералды қоспа ретінде пайдалану мыс балқыту қалдықтарын ұтымды жоюға мүмкіндік беретінін көрсетті. Алынған деректер мыс қожын бетонға ұсақ ұнтақталған белсенді минералды қоспа ретінде пайдалану перспективасын растайды.

Келесі жұмыс [8] Электросталь Тюмень металлургиялық зауытының қож түріндегі қалдықтарын пайдалану мүмкіндігін қарастырады. Қабырғалық керамика өндіру үшін шикізат қоспасына ұсақ ұнтақталған күйдегі қожды қосу ұсынылады. Ұсынылған тәжірибелік деректер қождың бір уақытта қалдық қоспа және балқытатын қоспа ретінде әсерін көрсетеді, бұл саздың пластикалық санын және оның агломерация температурасын төмендетуге мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер керамикалық сынықтың беріктігінің 23,8%-ға артқанын көрсетеді. Керамикалық бұйымдардың термиялық сипаттамаларын жақсарту үшін шикізат қоспасына күйіп кететін қоспа – ағаш ұны қосымша енгізіледі. Металлургиялық шлакпен және жанғыш қоспасы бар керамикалық сынықтың беріктігі 950ºС күйдіру температурасында жанғыш қоспасы бар үлгілердің беріктігінен 63,4% жоғары. Балшық қоспасының оңтайлы құрамы алынды: саз – 67%; қож – 20%; кварц құмы – 10%; ағаш ұны – 3%.

«ТМО Қазақстан» компаниясы қарқынды сілтілеу технологиясы бойынша құрамында мыс бар қалдықтарды өңдеу жобасын жүзеге асыруда. Бұл жоба бұрын тиімсіз деп саналатын төмен сұрыпты ресурстарды өңдеудің жаңа мүмкіндіктерін ашатын тау-кен қалдықтарын тиімді пайдалануға бағытталған. Технология 0,15% құрайтын қалдық қоймаларынан 75%-дан астам мысты алуға мүмкіндік береді, бұл тау-кен қалдықтарын сақтау және кәдеге жаратумен байланысты экологиялық тәуекелдерді азайтады [9].

Келесі жұмыста [10,11] орындалған сынақтар металл кендерін байыту «қалдықтарының» саз бөлігін қосымша сазды байланыстырғыштарды қолданбай-ақ, өнімділік қасиеттері жақсартылған керамикалық материалдарды өндіруде пайдаланудың орындылығын дәлелдейді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. *Шикізат материалдары.* Жұмысқа Астана кен орнының жоғары пластикалық және қоспасы аз саз балшық

пайдаланылды. Негізгі қасиеттерге жоғары отқа төзімділік және өрт кезінде тығыз құрылымдарды қалыптастыру мүмкіндігі жатады.

Металлургиялық өндірістің қалдық өнімі болып табылатын купершлак мыс кенін өңдеу және мыс өндіру кезінде алынатын қосымша өнім. Бұл балқыту процесінде оның кенінен мыс алынғаннан кейін қалатын материал. Оның химиялық құрамына темір, кремний және алюминий оксидтері кіреді. Физикалық қасиеттерге жоғары қаттылық, жұқа дисперстік және құрылымдық тұрақтылық жатады.

Саз және мыс шлактары әртүрлі пропорцияда (жалпы массаның 0%, 10%, 20%) араласқан. Қоспа біртекті масса алынғанша суды қосу арқылы дайындалды (1-кесте).

Кесте 1

Купершлак қолданып керамикалық кірпішті дайындауға арналған пропорциялар

№	Құрамы (жалпы массаның 0%)	Саз	Қалдық (купершлак)	Су
1	шлак 0%	720 гр	-	150 гр
2	шлак 10%	648 гр	72 гр	150 гр
3	шлак 15%	612 гр	108 гр	150 гр
4	шлак 20%	600 гр	120 гр	150 гр

Үлгілер диаметрі 75 мм және биіктігі 75 мм болатын цилиндрлік қалыптар түрінде қалыпталды. Қалыптау гидравликалық прессте 5 кН қысымда жүргізілді. Зерттелген нәтижелер 1-суретте көрсетілген.

а) б)

Сурет 1. Үлгілерді дайындау: а) қоспаның компоненттерін араластыру; б) үлгіні қалыптау

Кептіру 105°C температурада 24 сағат бойы жүргізілді. Күйдіру 1000-1200°C температурада 6 сағат бойы бірте-бірте салқындатумен жүргізілді.

Дайын үлгілер PGM-500MG4A гидравликалық престің көмегімен беріктік сынақтарынан өтті. Барлық сынақтар ГОСТ [12] бойынша жүргізілді. Қысу беріктігі бойынша ең жақсы нәтижені 4-ші құрам көрсетті (2-кесте).

Сканерлеуші электронды микроскоп (SEM). Бұл талдау электронды микроскоп TM4000Plus (Hitachi) көмегімен жүргізілді, ол фазалық таралу сипатын, материалдың кеуектілігін және микроқұрылымын көрсетті. Мыс шлактарын қосу материалдың механикалық қасиеттеріне оң әсер ететін үлкен кеуектері азырақ тығыз құрылымның пайда болуына ықпал ететіні анықталды.

Энергетикалық дисперсиялық спектроскопия (EDS). EDS талдауы мыс қожына тән негізгі элементтердің болуын растады, мысалы, Si, Fe, Ca және

Al. Бұл күйдіру кезінде мыс шлактарының химиялық реакцияларға белсенді қатысуын көрсетеді, бұл кірпіштің сипаттамаларын жақсартуға көмектеседі. Сонымен қатар, химиялық құрамның жергілікті өзгерістері мыс шлактарының керамикалық қоспаның басқа компоненттерімен әрекеттесуін көрсетеді, бұл фазалық құрамның қалыптасуына әсер етеді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Физикалық және механикалық қасиеттері*. Зерттеу нәтижелері керамикалық кірпіштің құрамына мыс шлактарын қосу оның физика-механикалық қасиеттеріне оң әсер ететінін көрсетеді. Купершлак мөлшерінің ұлғаюымен сығымдалу беріктігі 8,09 МПа (қожсыз құрам) 9,60 МПа (шлак мөлшері 20%) дейін артады. Бұл мыс шлактары кеуектерді толтыру және жоғары температурада күйдіру кезінде жаңа фазалардың пайда болуына байланысты материалдың неғұрлым тығыз құрылымын қалыптастыруға қатысады.

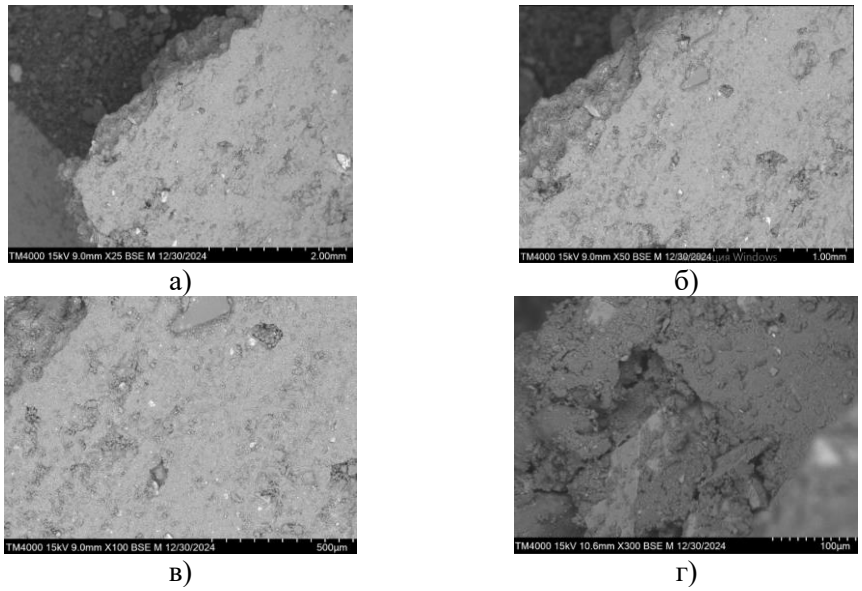
Сонымен қатар, кірпіштің маркасының М75-тен М100-ге дейін 10-20% мыс қожын қосу арқылы өзгеруі материал сапасының жоғарылауын көрсетеді, бұл оның құрылыста, соның ішінде көп жүктелген құрылымдарда пайдалану мүмкіндігін кеңейтеді (2-кесте).

Кесте 2

Қысуға беріктігін тексеру нәтижелері

№	Құрамы (жалпы массаның 0%)	Қысуға беріктігі	Кірпіш маркасы
1	шлак 0%	8,09 МПа	М75
2	шлак 10%	8,60 МПа	М100
3	шлак 15%	9,05 МПа	М100
4	шлак 20%	9,60 МПа	М100

Сканерлеуші электронды микроскоп (SEM), Энергетикалық дисперсиялық спектроскопия (EDS). Әртүрлі үлкейтудегі 1-суреттегі кірпіштің микросуреті материалдың құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді.



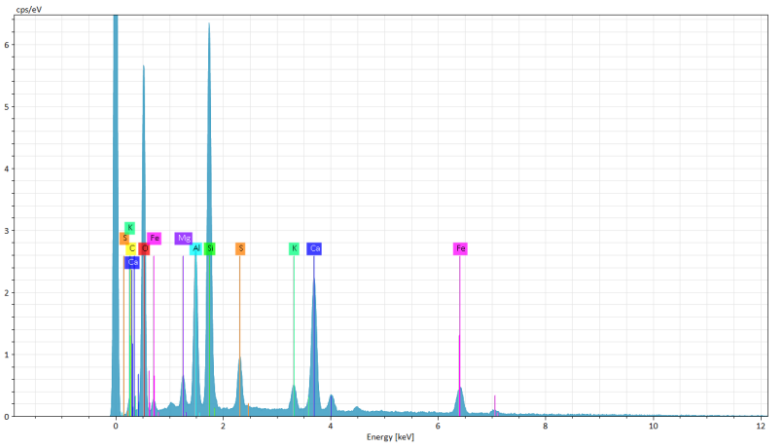
Сурет 2. TM4000Plus микроскопының (Hitachi) көмегімен кірпіш бетінің микросуреті: а) 25х үлкейтетін электронды микроскоп; б) 50х үлкейтетін; с) 100х үлкейтетін; д) 300х үлкейтетін

Кесте 3

Мыс шлак негізіндегі кірпіштің элементтік құрамы

O	Si	Ca	Al	Fe	S	K	Mg
44,33%	21,80%	12,12%	7,29%.	5,20%	3,47%	1,86%	1,69%

Мыс шлактары негізіндегі кірпіштердің химиялық құрамы 3-кестеде көрсетілген. Оттегінің жоғары болуы күйдіру кезінде түзілетін оксидтермен байланысты. Кремний мен алюминий балшық матрицасының негізгі компоненттері болып табылады. Олардың осы материалда айтарлықтай болатын кальциймен реакциясы материалдың кеуектілігін төмендетеді. Темір мен магний сонымен қатар мыс шлактарынан келеді, олар темір оксидтері түрінде болуы мүмкін (FeO, Fe_2O_3). Темір оксидтері материалдың агломерациялық температурасын төмендететін флюс ретінде әрекет етеді. Дегенмен, темірдің шамадан тыс мөлшері шамадан тыс балқуға әкелуі мүмкін, бұл беріктік қасиеттерін нашарлатады, сондықтан оңтайлы мән (шамамен 5%) қолайлы болып саналады. Элементтердің құрамы 2-суретте график түрінде көрсетілген.



Сурет 3. Кірпіш композициядағы элементтердің EDS таралу спектрі

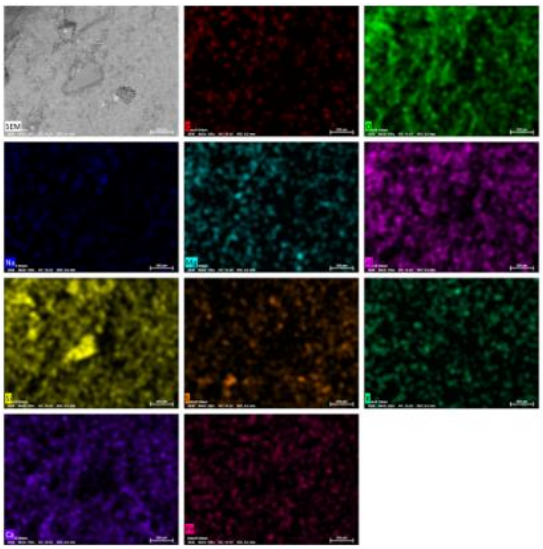
Кесте 4

Мыс шлактары негізіндегі кірпіштің оксидтік құрамы

SiO2	CaO	Al2O3	FeO	SO3	K2O	MgO
46,64%	16,96%	13,77%.	6,69%	8,65%	2,24%	2,8%

SiO_2 және CaO жоғары құрамы тығыз және берік кірпіш матрицасының негізін құрайды. FeO, K_2O және MgO оңтайлы мөлшерде кеуектілікті төмендетеді және материалдың тығыздалуын жақсартады, қысу беріктігін 9,60 МПа дейін арттыруға көмектеседі. Күкірттің қалыпты мөлшері ақаулардың пайда болу қаупін азайтады және кеуектердің біркелкі таралуына ықпал етеді.

3-суреттегі элементтердің таралу картасы элементтердің бетонда қалай бөлінетінін көрсетті, әр түс әртүрлі элементті білдіреді.



Сурет 4. Кірпіш композициядағы элементтердің таралу карталары (C, O, Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Fe).

Материалдың әртүрлі нүктелерінде элементтік және оксидтік құрамды талдаулар жүргізілді. Салыстырмалы талдау 5 және 6 кестеде көрсетілген.

Кесте 5

Салыстырмалы талдау(элементтер)

Элемент	1 нүкте (%)	2 нүкте (%)	3 нүкте (%)	4 нүкте (%)	5 нүкте (%)	6 нүкте (%)
O	39,28	59,51	44,33	40,55	38,08	45,54
Si	17,19	50,09	21,80	20,46	19,55	25,48
Ca	13,07	1,34	12,12	9,86	10,58	10,18
Al	6,60	1,78	7,29	7,40	7,55	6,08
Fe	6,81	1,12	5,20	10,68	6,19	5,83
Mg	1,55	0,00	1,69	1,61	2,04	1,50
K	1,92	0,00	1,46	1,70	1,89	1,54
S	3,53	0,00	3,47	1,51	1,05	1,69

Кесте 6

Салыстырмалы талдау(оксидтер)

Қосылыстар	1 нүкте (%)	2 нүкте (%)	3 нүкте (%)	4 нүкте (%)	5 нүкте (%)	6 нүкте (%)
SiO_2	36,77	107,17	46,64	43,77	41,83	54,51
CaO	18,29	1,87	16,97	13,79	14,81	14,25
Al_2O_3	12,47	3,37	13,77	13,98	14,27	11,49
FeO	6,80	1,44	5,60	13,74	7,19	7,50
SO_3	8,81	0,00	6,85	3,76	2,27	3,77
MgO	2,48	0,00	2,80	2,67	3,38	2,49
K_2O	2,31	0,00	2,40	2,05	2,28	1,86

Қорытынды. Керамикалық кірпіштің құрамына мыс қожының қосылуы оның физикалық-механикалық қасиеттеріне оң әсер етеді, шлак мөлшері үлгінің жалпы массасының 20% құрайды, сығымдалу беріктігі 9,6 МПа болды, бұл М100 кірпішіне сәйкес келеді; баға. Осылайша, мыс қожын өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу және керамикалық қабырға

материалдарының қасиеттерін жақсарту үшін тиімді компонент ретінде қарастыруға болады.

SEM және EDS талдаулары мыс шлактарының керамикалық кірпіштің микроқұрылымы мен химиялық құрамына әсерін жақсырақ түсінуге мүмкіндік берді, бұл құрамы мен өндіріс технологиясын одан әрі оңтайландыру үшін маңызды. Үлгінің беті гетерогенді, айқын кеуекті аймақтары бар. Коперслак мөлшерінің ұлғаюымен микроқұрылым тығызырақ болады, бұл кеуектерді толтырумен және фазааралық өзара әрекеттесуді жақсартумен байланысты болуы мүмкін. Бөлшектердің өлшемі үлкейтуге байланысты бірнеше микрометрден жүздеген микрометрге дейін өзгереді.

Купер шлак материалдың химиялық құрамын қалыптастыруға белсенді қатысады, фазалық өзара әрекеттесулерді жақсартады және күшті құрылымды құруға ықпал етеді. Және бұл элементтік талдауда кальций (Ca), темір (Fe), алюминий (Al) және магний (Mg) бар екенін растайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленностих [Текст]: учебное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.
2. Woolley, G.R., Goumans, J., Wainwright P.J.(ed.). Waste materials in construction: Science and engineering of recycling for environmental protection. – Amsterdam: Elsevier, 2000. – 1064 p.
3. Романова, И.П. Использование отходов металлургической промышленности в строительной индустрии как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряженности [Текст] / И.П. Романова, О.Б. Бегунов // Территория науки. – 2016. – №2. – С.53-57.
4. Спиридонова, Е.В. Применение мартеновского шлака в производстве стекла [Текст] / Е.В. Спиридонова, Ф.Р. Кимаева // Стекло и керамика. – 1993. – №3. – С.6-7.
5. Кайракбаев, А.К. Использование отходов обогащения цветной и черной металлургии Казахстана в производстве керамических материалов [Текст] / А.К. Кайракбаев, Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – №6. – С.12-16.
6. Сватовская, Л.Б. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича [Текст] / Л.Б. Сватовская, Л.Л. Масленникова, Н.А. Бабак // Патент № 2494992 C1 Российская Федерация, МПК C04B 33/138.
7. Кравцов, А.В. Опыт применения техногенных отходов черной и цветной металлургии в производстве бетона / А.В. Кравцов, С.В. Цыбакин // Труды КГСХА. – 2015. – С.42-50.
8. Салонина, В.А. Возможности использования промышленных огтходов для получения строительной керамики [Текст] / В.А. Салонина // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – №4(102). – С.73–81.
9. Переработка медьсодержащих хвостов по технологии интенсивного выщелачивания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://science-fund.kz/science-case/переработка-медьсодержащих-хвостов/. Дата обращения: 15.08.24.
10. Павлов, М.В. Стеклокерамические материалы на основе хвостов обогащения свинцово-цинковых руд [Текст] / М.В. Павлов, И.В. Павлов, А.В. Линейцев, В.Ф. Павлов // Стекло и керамика. – 2016. – №12. – С.29-34.
11. Абдрахимов, Д.В. Керамический кирпич из отходов производства без применения традиционных природных материалов [Текст] / Д.В. Абдрахимов, П.Г. Комохов, А.В. Абдрахимов, В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова // Строительные материалы. – 2002. – №8. – С.26-27.

12. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2012-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 27 с.

Материал редакцияға 29.01.25 түсті, 24.02.25 қабылданды.

Ж.Е. Калиева[1], Е. Ерланулы[1], Д.Е. Мажит[1], Е.Р. Орынбай[1], А.К. Кожас[1]

[1]Л.Н. Евразийский национальный университет им. Гумилева, г. Астана, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУПЕРШЛАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА: АНАЛИЗ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ

Аннотация. В данной работе рассмотрена разработка технологии производства керамического кирпича с добавлением медного шлака, исследование влияния этой смеси на свойства материала и оценка возможности его использования в промышленности. Добавление медного шлака в состав керамического кирпича положительно влияет на его механические свойства, в том числе повышает прочность. Изменения микроструктуры, определенные методом СЭМ, подтверждают улучшение когезионных свойств материала. В результате химического анализа полученный состав показал равномерное распределение элементов, что свидетельствует о стабильности состава. Использование медного шлака позволяет не только утилизировать металлургические отходы, но и снизить себестоимость производства керамического кирпича. Это способствует созданию экологически чистых строительных материалов, отвечающих современным требованиям устойчивого развития. Основные соединения представлены диоксидом кремния, оксидом кальция, оксидом алюминия, а также различными оксидами железа, магния, калия и сульфатами.

Ключевые слова: купершлак, керамический кирпич, промышленные отходы, Сканирующая электронная микроскопия, Энергодисперсионная спектроскопия, физические и химические свойства.

Zh.E. Kaliyeva[1], E. Erlanuly[1], D.E. Mazhit[1], E.R. Orynbay[1], A.K. Kozhas[1]

[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

USE OF COPPER SLAG IN CERAMIC BRICK PRODUCTION: ANALYSIS OF PROPERTIES AND STRUCTURE

Abstract. In this work, the development of technology for the production of ceramic bricks with the addition of copper slag, the study of the influence of this mixture on the properties of the material and the assessment of the possibility of its use in industry are considered. Addition of copper slag to the ceramic brick has a positive effect on its mechanical properties, including increases strength. Changes in the microstructure, determined by the SEM method, confirm the improvement of the cohesive properties of the material. As a result of chemical analysis, the resulting composition showed a uniform distribution of elements, which indicates the stability of the composition. The use of copper slag allows not only to utilize metallurgical waste, but also to reduce the cost of production of ceramic bricks. This contributes to the creation of ecologically clean building materials that meet the modern requirements of sustainable development. The main compounds are represented by silicon dioxide, calcium oxide, aluminum oxide, as well as various oxides of iron, magnesium, potassium and sulfates.

Keywords: cooper slag, ceramic brick, scanning electron microscopy, energy dispersive spectroscopy, physical science and chemistry.

References

1. Dvorkin, L.I., Dvorkin, O.L. Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti [Construction materials from industrial waste]: a tutorial. – Rostov-on-Don: Phoenix, 2007. – 368 p. [in Russian].
2. Woolley, G.R., Goumans, J., Wainwright P.J. (ed.). Waste materials in construction: Science and engineering of recycling for environmental protection. – Amsterdam: Elsevier, 2000. – 1064 p.
3. Romanova I.P., Begunov O.B. Ispol'zovanie otkhodov metallurgicheskoy promyshlennosti v stroitel'noy industrii kak sposob sberezheniya prirodnykh resursov i snizheniya ekologicheskoy napryazhennosti [Use of metallurgical waste in the construction industry as a way to save natural resources and reduce environmental stress] // Territory of Science. – 2016. – No.2. – P. 53-57. [in Russian].
4. Spiridonova E.V., Kimaeva F.R. Primenenie martenskogo shlaka v proizvodstve stekla [Application of open-hearth slag in glass production] // Glass and ceramics. – 1993. – No.3. – P. 6-7. [in Russian].
5. Kairakbaev A.K., Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Ispolzovanie otkhodov obogashcheniya tsvetnoy i chernoy metallurgii Kazakhstana v proizvodstve keramicheskikh materialov [The use of waste from the enrichment of non-ferrous and ferrous metallurgy in Kazakhstan in the production of ceramic materials] / A. K. Kairakbaev, // Ecology and industry of Russia. – 2019. – Vol.23. – No.6. – P.12-16. [in Russian].
6. Svatovskaya, L.B., Maslennikova, L.L., Babak, N.A. Keramicheskaya massa dlya izgotovleniya keramicheskogo kirpicha [Ceramic mass for the production of ceramic bricks] // Patent № 2494992 C1 Russian Federation, IPC C04B 33/138. [in Russian].
7. Kravtsov A.V., Tsybakin S.V. Opyt primeneniya tekhnogennykh otkhodov chernoy i tsvetnoy metallurgii v proizvodstve betona [Experience in the use of technogenic waste from ferrous and non-ferrous metallurgy in concrete production] // Proceedings of the Kazan State Agricultural Academy, 2015. – P.42-50. [in Russian].
8. Solonina V.A. Vozmozhnosti ispolzovaniya promyshlennykh otkhodov dlya polucheniya stroitel'noy keramiki [Possibilities of using industrial waste to produce construction ceramics] // Architecture, construction, transport. – 2022. – No.4(102). – P. 73-81. [in Russian].
9. Processing of copper–containing tailings using intensive leaching technology [Electronic resource]. – Access mode: https://science-fund .kz/science-case/processing of-copper-containing-tailings/. Date of access: 08/15/24. [in Russian].
10. Pavlov M.V. Pavlov I.V., Linintsev A.V., Pavlov V.F. Steklokeramicheskie materialy na osnove khvostov obogashcheniya svintsovo-tsinkovykh rud [Glass-ceramic materials based on tailings of lead-zinc ores] // Glass and ceramics. – 2016. – No.12. – P. 29-34. [in Russian].
11. Abdrakhimov D.V., Komokhov P.G., Abdrakhimov A.V., Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Keramicheskiy kirpich iz otkhodov proizvodstva bez primeneniya traditsionnykh prirodnykh materialov [Ceramic bricks from industrial waste without the use of traditional natural materials] // Building materials. – 2002. – No.8. – P. 26-27. [in Russian].
12. GOST 530-2012. Kirpich i kamen keramicheskie. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Ceramic brick and stone. General specifications]. – Introduced. 2012– 07– 01. – Moscow.: Standartinform, 2013. – 27 p. [in Russian].

IRSTI 67.15.53

Zh. Omarov[1] – *main author*,
G. Tleulenova[2], K. Makashev[3],
G. Zhukenova[4], K. Abdrakhmanova[5]

©

[1,2,3,4,5]PhD, Associate Professor

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-1108-9509 [2]https://orcid.org/0000-0003-2806-1588*
[3]https://orcid.org/0009-0005-2971-6322 [4]https://orcid.org/0000-0003-4096-5002
[5]https://orcid.org/0000-0002-7218-4502

[1,3,4]Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[5]Abulkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

@ *[2]gulshattleulenova7@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/QSZD4922

ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES FOR THE USE OF STRUCTURES AND COMPOSITE MATERIALS OF WOOD WASTE

Abstract. In modern low-rise housing construction, metal tiles, rolled roofing, various types of wooden roofing, metal roofing, precast reinforced concrete slabs, wavy asbestos cement sheets, reinforced concrete rafters are used for roofs and roofs. The production of many of these types of roofs has a limited industrial base, requires significant consumption of materials and labor intensity of construction work, or involves significant consumption of wood, and their production volumes do not meet the demand of modern construction. An alternative solution is the production of one of the slab materials – cement-chipboard (CB). The purpose of the article is to develop a roof structure using cement-chipboard, a comprehensive study of the stress-strain state of this structure, and the development of an approximate method for calculating the strength and deformability of a CB on an elastic base.

Keywords: construction, composite materials, energy efficient technology, wood waste, industrial technologies, wood structure.

Omarov Zh., Tleulenova G., Makashev K., Zhukenova G., Abdrakhmanova K. Energy-efficient technologies for the use of structures and composite materials of wood waste //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.200-208. https://doi.org/10.55956/QSZD4922

Introduction. Due to the introduction of new requirements for thermal resistance of enclosing and load-bearing structures of buildings and structures, the need for the use of modern energy-efficient and industrial building composite materials based on waste is increasing. The increased construction of new facilities, as well as the reconstruction and repair of existing housing stock, ensure stable and long-term demand for such materials in the near future. Insulation materials based on woodworking waste could increase the production of insulation materials, but also somewhat solve another problem – the utilization of wood waste.

It should be noted that woodworking waste remains a stable resource of raw materials due to it is widely used in the construction and wood products industries. The complex use of these raw materials could partly solve the ecological problem.

When creating materials and structures on the basis of woodworking waste it is necessary to take into account the physical and mechanical properties of wood filler, chemical composition, and wood structure. This is due to the relationship between the chemical components of wood, i.e., components of the ultrastructure and highly ordered systems of which the walls (shells) of cells are composed; the latter from the wood tissue. Waste wood used as an aggregate for building materials has the following properties: low average density, good wet ability, ease of processing

The main advantages of using new technologies of production and construction of buildings and structures from composite materials on the basis of wood waste are:

1. Increased heat-insulating properties, allowing for the reduction in the consumption of energy resources i.e., heating buildings and houses, as well as reducing the cost of construction, thanks to the possibility of using lightweight structures - reducing the thickness of walls, loads on the foundation, etc.

2. Environmental safety building materials based on wood raw materials do not allocate harmful volatile substances, do not get electrified, and do not screen natural electromagnetic fields.

3. Could be easily amenable to manual and mechanical handling e.g., sawing, drilling, milling.

4. And most importantly, the active use of energy-efficient and high-tech materials and structures significantly reduces the time and cost of construction and allows you to significantly increase productivity in the construction industry, that is many times increased its performance on manufacturability and industrialist.

5. Most importantly, the active use of energy-efficient and high-tech materials and structures significantly reduces the time and cost of construction and allows you to significantly increase productivity in the construction industry, that is many times increased its performance on manufacturability and industrialist.

The use of wood waste not only reduces the cost of the finished product, but also gives it new properties, allowing it to successfully compete with more expensive finishing and construction materials. Environmental safety is one of the main advantages of the product. Sawdust as a heat insulation preserves all the useful properties of wood and is not dangerous to human health.

Materials and methods. Cement-bonded particleboard (CBC) is made by pressing a molded mixture consisting of softwood chips, Portland cement, minerals and water in accordance with the requirements of [1].

Industry produces two brands of cement-bonded particleboards, which differ in physical and mechanical properties: GRP-1, GRP-2.

According to domestic and foreign researchers' particleboard has a good ability to glue, pull screws and nails out of the stratum or edge. Boards can be processed with a usual tool, but the cutting parts should be made of hard alloys. The boards are non-toxic and can be surface refinished. The surface of the boards can be puttyed, painted, wallpapered, tiled and plastered.

The influence of long-term loading on the mechanical properties of particleboard was determined in the Kucherenko Central Research Institute of Scientific and Research Institute of Construction University (MSCU). Samples were loaded with constant load of different magnitudes in tension and compression parallel to the part of the plate [2], in shear and bending perpendicular to the plate under normal temperature and humidity conditions. At statistical processing of results of long-term tests, a value of long-lasting strength coefficient of 0.49 and long-lasting deformability coefficient of 0.52 were established, which are recommended for practical use in the calculation of structures with CBPB.

Application of the CBPB as a constructional material was preceded by the above mentioned researches on the definition of its temporary and design resistances under different types of the stressed state. At the same time, the long-term action of operating factors was taken into account. All this made it possible to develop recommendations for the rational application of particleboard [3].

Cement-bonded particleboards can be one of the most important elements of lightweight and durable construction systems in many sectors of the construction industry. The Faculty of Engineering of "Toraighyrov University" conducts scientific research on the development of promising energy-saving, environmentally friendly building materials based on wood waste. In this case it possible to obtain materials with higher thermal insulation property and enhancing materials characteristics without increasing the cost of construction. In particular at the faculty are engaged in scientific developments and pilot production of wood-polymer composites:

Together with the Central Research Institute of Building Materials named after V.A. Kucherenko there were developed and investigated ogre-grating constructions meant for roll roofing for industrial buildings. Covering slabs of 1.2×3 m and 1.2×6 m in size have a wooden framework of 40 mm thick boards and 10 mm thick chipboard cladding. The connection of the sheathing with the frame elements is provided with screws. The tests showed that the developed constructions have sufficient durability and reliability.

The particleboard most widely used as panel cladding with wooden frame in low-rise housing. Due to its strength, the boards give additional rigidity to the wooden frame and serve as protection against environmental conditions. Bearing and building envelopes of the house with the chipboard cladding due to its smooth surface do not require additional treatment. The outer surface of the particleboard wall is simply painted [4].

For professional processing of boards and to obtain a quality machined surface, it is necessary to use tools and cutting surfaces. In opposite the usage of particleboard in construction and the finishing works lead to savings in pricing, time and labour costs. According to new thermo-mechanical standards in the construction industry, the insulation of new and existing buildings has become relevant. This work shows a variant of insulation using particleboard, which does not require high capital investments and weighty labor costs.

The nature of the method is to create a cage of wooden bars by 50x80 mm or 50x50 mm, or framing of aluminum profiles with a pitch of 600 mm. The thickness of cladding plates of lies in range from 12 to 16 mm. Between the wall and CFPB placed thermal insulation, waterproofing materials and windproof film. In the joints of the CBPB placed airtight gaskets, mounted on the slips, which can be made of available materials: CBPB, wood, metal, and plastic. The production the technical specifications for the board, lined with stone chips in a wide range of colors [5]. Environmentally friendly boards create smooth wall surfaces and interior partition walls. The boards are used as interior wall coverings in residential, civil and industrial buildings with dry, normal and wet conditions. Fixing the boards is carried out in different ways:

- on wooden boards - with nails or screws;
- on metal profiles - using self-tapping screws.

Boards 12 and 16 mm thick are used to construct moisture-resistant partitions. This is due to the corresponding physical and mechanical properties of the material.

CBPB can be used in the partitions of the sanitary units of buildings of various purposes. In this case, the boards must be primed on all sides and coated with paint suitable for moisture conditions.

Cement-bonded particleboards 16, 24 and 36 mm thick can be used as the following flooring elements: subfloor under different coverings, underlayment, levelling layer, finishing floor with facing layer.

Floors made of cement-bonded particleboard are laid on the joists. Determine the distance between the beams to carry out the calculation, depending on the actual loads. The space between the substrate and the cladding, depend on the demand of heat and sound insulation, is filled with mineral wool boards or left free, separated by fire partitions [6]. The thicknesses of the board: 12 mm, 24 mm. can be used as elements of permanent formwork for foundations of low-rise buildings.

In addition, the cement-bonded particleboard can be used for the device:

– sandwich-type internal partitions filled with mineral wool, polystyrene foam;

– ventilation boxes, garden paths.

In connection with the increase in the production of particleboard with the expected mass application of structures on the basis of particleboard new structural elements are developed, the material itself is improved, work to increase the strength and deformation characteristics, increase the durability of structures made of particleboard is carried out.

Research results and discussion. The fundamental solution of cement-bonded particleboards application in the roof structure of low-rise and homestead houses is the use of large-size sheets of particleboard combining carrying (own weight, snow and wind loads) and enclosing functions (protection from atmospheric influences). All this meets the requirements for the development of new structures using cement-bonded particle boards [7,8].

As the roofing elements used chipboard according to GOST 26816-86 thickness 10, 14 mm. Trusses are made of softwood lumber in accordance with GOST 8486-86, the recommended dimensions of cross-sections of laths 40×40 , 70×70 mm in Table 1. Drainage gutters, made of galvanized steel according to GOST 14918-80, 0.8 mm thick, are also used in the roof structure.

For the cutting of sheets of particleboard are used format-cutting machines with circular saws in accordance with GOST 976979 “Circular saws with hard-alloy blades for processing wood materials”. For a stronger adherence of the CBP and sealing under the metal parts, the cold-resistant sealing rubber strips or gaskets made of roofing felt are installed. According to the developed drawings and specifications of the sheets of cement-bonded particle boards used in the roof structure of farmstead and low-rise houses are laid on wooden crates as shown in Figures 1-2 constructive schemes: across and along the slope of the roof.

Table 1

Physic -mechanical properties of wooden boards (WB)

Indicators	Cross section, mm			
	40×40	50×50	60×60	70×70
1	2	3	4	5
Cross-sectional area ***F***, sm	16	25	36	49
Moment of inertia per torsion, J_{tor}, sm^4	85.3	208.3	432	800.3
Moment of inertia per bend, J_{bend}, sm^4	21.3	52.1	108	200

Table 1 (continued)

1	2	3	4	5
Modulus of elasticity E, MPa a) long -term b) short-term	 10000 12300	 10000 12300	 10000 12300	 10000 12300
Density, kg/m^3	500	500	500	500
The Poisson's ratio μ xy μ yx	 0.5 0.02	 0.5 0.02	 0.5 0.02	 0.5 0.02

Table 2

Physic-mechanical properties of cement-chipboard (CBPB)

Indicators	Plate thickness, mm		
	10	12	14
The modulus of elasticity of chipboard when bending perpendicular to the plane, E, MPa a) short-term b)long-term	 3320 1400	 4110 1710	 5010 2084
Shear modulus, MPa a) short-term B)long-term	 2850 1197	 3013 1253	 3170 1319
The Poisson's ratio	0.17	0.17	0.17

Table 3

Comparison of the values of the maximum moments in the CBPB obtained during the calculation according to beam theory and plate bending theory

Rafter pitch, mm	Maximum moments in the CB during the calculation		Percentage (%) of the results of the beam theory
	according to the beam theory	according to the theory of plates	
800	8.18	6.16	24.8
1000	8.18	7.07	13.5
1200	8.18	7.23	11.61
1500	8.18	7.46	8.8

In calculating the roof structure according to the variant, the modulus of elasticity of the wooden crate was artificially increased by an amount equal to the ratio 5/2.12 = 2.35, by artificially increasing the rigidity of the crate, its deflection was the same as that of the two-span, which corresponds to the required calculation scheme according to standard. These components were also used in the research in the ratio (cement binders are shown in Table 3.

The longitudinal (along the slope of the roof) joint between the sheets of particle board is carried out with an overlap of not less than 100 mm in order to avoid water penetration into the premises through this joint. The longitudinal joint must be located over the sheathing.

The transversal (across the roof slope) joint between the sheets of particle board is made according to one of the options shown in Figures 2-3.

In Figure 2 the sealing of the joint is implemented by fixing to the longitudinal (to the slope of the roof) edges of the CBPB rectangular wooden battens with a section of 30×40 mm, followed by overlapping the two adjacent battens with U - shaped profile of galvanized steel. Profiles are installed along the slope of the roof

with a minimum overlap of 40 mm and fastened to the wooden battens with nails 30 mm long and 1.5 mm in diameter [9].

Wooden framing laths reach the top of the chipboard sheet edge by the size of the overlap of these sheets. The framing laths of particleboard sheets adjacent to the ridge part of the roof have a bevel, which makes it convenient to install a triangular ridge element made of galvanized steel or boards.

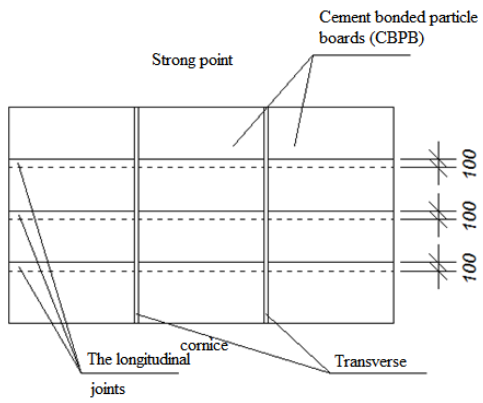


Fig.1. Layout of particleboard sheets across the slope of the roof

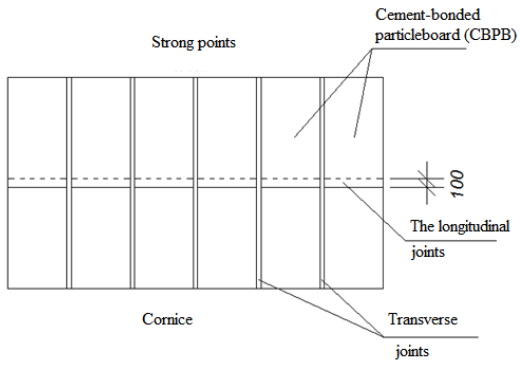


Fig. 2. Layout of particleboard sheets along the roof slope

In Figure 3, the sealing of the joint between the sheets of particle board is made by placing a drainage element of U-shaped or angular (triangular) profile made of galvanized roofing steel over the joint. In places of longitudinal joint in sheets of CBPB are made "traces" before mounting the roof in the form of semicircular or other forms of depth of 5 mm, width of 5 mm, set off from the edge of the sheet at a distance of 10-15 mm.

Figure 3 shows schemes of fastening of particleboard sheets in the roof structure. Fastening of particleboard sheets to the purlins is carried out with nails with diameter of 4 mm and length of at least 80 mm. Nails are installed into the pre-drilled holes in the chipboard (to avoid cracks, chips on the reverse side the holes are made with the size of 0.5 mm larger than the diameter of the nail).

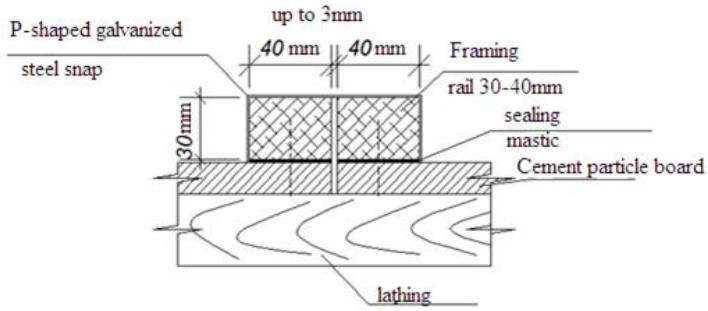


Fig. 3. Sealing the transversal joint between the sheets of particleboard with the framing battens and U-bolt

Under nails are established metal zinc-coated or protected from corrosion in other way washers in thickness of 3 mm, in diameter of 30 mm.

For sealing and waterproofing under the metal washer installed washers of porous rubber thickness of 5-6 mm or washers of three layers of roofing felt, noted above [8].

Fixing the framing laths of the joint is also carried out with nails not more than 2 mm in diameter. Sealing mastic is applied to the contact surfaces of the cement-bonded particleboard and the framing laths before fixing the framing laths. The nail spacing for fixing the framing battens is 150-200 mm.

Fastening of cement-bonded particleboards of no more than 600 mm in width is carried out with metal fasteners, which greatly simplifies the technology of roofing and makes it possible to use waste cement-bonded particleboards, small pieces of particleboard for the roofs of summer houses and temporary structures.

To ensure the service life (durability) of the construction of the roof with the elements of cement-bonded particle boards use a variety of protective paint and impregnation compositions that perform not only protective functions, but also give the building an architectural expression.

CBPB, recommended for use in the construction of the roof, its geometric dimensions are thin plate – a resilient body of prismatic shape with a small compared to the dimensions of the base height (width 1200 mm, length 3200 mm, a thickness of 10, 12, 14 mm).

Conclusion. The results of studies on the problems of improving the use of wood waste in the production of building materials and products and its active use in modern construction can make the following conclusions:

1. Application of cement-bonded particleboard in building structures and, in particular, roofing of homestead and low-rise houses is expedient because they are distinguished by ecological purity, fire- and bio-resistance, good physical and mechanical indices and weather resistance. Roofing with the use of particle board meets the requirements of reliability, durability and architectural expressiveness, presented: to the structures of buildings and constructions, as well as roofs of homestead and low-rise houses.

2. For the solution of the roofs of farmstead and low-rise houses are recommended roof structures with the use of cement-bonded particle boards with laying of particleboard sheets across and along the slope of the roof. The principal constructive solution in this case is the use of large-sized particleboard sheets, combining bearing and shielding functions, which significantly reduces the number of roofing materials used and the labor intensity of construction work.

References

1. GOST 26816-86 Cement-bonded particleboards. Technical specifications. – Moscow: VSh., 1986. – P. 10-15.
2. Hou J. et al. Value-added utilization of wood processing residues into cement-bonded particleboards with admirable integrated performance // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 344. – P. 128144.
3. Baikov, E.N., Hampe, E., Raue, E. Design of reinforced concrete thin-walled spatial structures. – Moscow: Stroi Publishing House, 1990. – P. 203-227.
4. Stepanov V.V. Production of wood-filled thermal insulation materials on mineral binder and polymeric components // Woodworking Industry. – 2012. – No. 3. – P. 64-66.
5. Ermolina B. Thermal insulation material on the basis of wood-fiber products // Chemistry of vegetable raw materials. – 2011. – No. 3.
6. Omarov Z. et al. Prospects for the use of sandwich panels in the construction industry of Kazakhstan // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2021. – Vol. 263. – P. 01020.
7. Omarov Z. M. et al. Method for calculating the strength and deformability of roof sheets made of cement bonded particle board //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing. – 2022. – Vol. 2559. – No. 1.
8. GOST 30244-94 Materials for construction. Combustibility test methods. – Moscow: VSh., 1994. – P. 5-9.
9. Chen L. et al. Efficacy of green alternatives and carbon dioxide curing in reactive magnesia cement-bonded particleboards //Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 258. – P. 120997.

Received: 06 February 2025
Accepted: 18 March 2025

Ж.М. Омаров[1], Г.Т. Тлеуленова[2], К.Т. Макашев[1], Г.А. Жукенова[1], К. Абдрахманова[3]

[1]Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қахақстан
[3]Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

АҒАШ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ЖАСАЛҒАН КОНСТРУКЦИЯЛАР МЕН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Аңдатпа. Қазіргі заманғы аз қабатты үй құрылысында шатырлар мен шатырларды орнату үшін металл плиткалар, роликті шатырлар, әр түрлі ағаш шатырлар, металл шатырлар, құрама темірбетон плиталары, толқынды асбест-цемент парақтары, темірбетон рафтерлері қолданылады. Шатырдың осы түрлерінің көпшілігінің өндірісі шектеулі өндірістік базаға ие, материалдарды едәуір тұтынуды және құрылыс жұмыстарының күрделілігін талап етеді немесе ағаштың едәуір шығынын қажет етеді, ал олардың өндіріс көлемі сұранысты, заманауи құрылысты қанағаттандырмайды. Балама шешім – Плиталық материалдардың бірі цемент-тақталарын (ЦТ) өндіру. Мақаланың мақсаты-цемент тақталарын қолдана отырып, шатырдың құрылымын жасау, осы құрылымның кернеулі деформацияланған күйін кешенді зерттеу, серпімді негізде ЦТ беріктігі мен деформациясын есептеудің шамамен әдісін жасау.

Тірек сөздер: құрылыс, композиттік материалдар, энергия үнемдеу технологиялары, ағаш қалдықтары, өнеркәсіптік технологиялары.

Ж.М. Омаров[1], Г.Т. Тлеуленова[2], К.Т. Макашев[1], Г.А. Жукенова[1], К. Абдрахманова[3]

[1]Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан
[2]Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[3]Карагандинский технический университет им. А.Сагинова, г. Караганда, Казахстан

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. В современном малоэтажном домостроении для устройства крыш и кровель применяется металлическая черепица, рулонная кровля, различного рода деревянная кровля, металлическая кровля, сборные железобетонные плиты, волнистые асбестоцементные листы, по железобетонным стропилам. Производство многих указанных видов кровли имеет ограниченную индустриальную базу, требует значительного расхода материалов и трудоемкости построечных работ или сопряжено со значительным расходом древесины, а объемы их производства не удовлетворяют спрос, современного строительства. Альтернативным решением является производство одного из плитных материалов – цементно-стружечных плит (ЦСП). Цель статьи состоит в разработке конструкции кровли с применением цементно-стружечных плит, комплексном исследовании напряженно-деформированного состояния этой конструкции, разработке приближенного метода расчета прочности и деформативности ЦСП на упругом основании.

Ключевые слова: строительство, композитные материалы, энергоэффективные технологии, древесные отходы, промышленные технологии.

ҒТАМР 67.09.05

Н.К. Кожакулов[1] – *негізгі автор*,
Б.Т. Копжасаров[2], С.М. Моминова[3], С.Т. Дуйсенбаева[4], Г.Т. Копжасарова[5]

©

[1]Докторант, [2]Техн.ғылым.канд., профессор, [3]PhD, аға оқытушы, [4]Техн.ғылым.канд., доцент, [5]Аға оқытушы

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0006-2185-8593 [2]https://orcid.org/0000-0001-9163-2879 [3]https://orcid.org/0000-0001-5005-9826 [4]https://orcid.org/0000-0001-6054-9589 [5]https://orcid.org/0009-0008-6735-0458*

[1,2,3,5]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[4]Қазақ ұлттық Су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]kknurjan77@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/HKPD4195

ВОЛЛАСТОНИТ – ОРТОФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫ – ГИПС ЖҮЙЕСІНДЕГІ МАТЕРИАЛДЫҢ КЕУЕКТІ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада волластонит пен ортофосфор қышқылы ұялы бетон компоненттері ретінде қолдану арқылы кеуекті құрылым жасау мүмкіндіктері қарастырылған, түрлі жағдайларда алынған нәтижелер өзара салыстырыла отырып,алынған бетонның негізгі физика-еханикалық қасиеттері зерттелген. Заман талабына сай елімізде осыған дейін өндіріліп, жасалып, шығарылып жатқан құрылыс саласында қолданылатын материалдардың экономикалық, экологиялық және басқа да көрсеткіштерін жақсарту мен тиімді жолдарын қолға алу маңызы күннен күнге артып келеді. Мақалада жүргізілген зерттеулер, талдаулар мен салыстырулар нәтижелері бойынша жергілікті қосымша шикізат көзі ретінде волластонитті ұялы бетон алуда ортофосфор қышқылымен өңдей отырып түрлі қасиеттерге ие кеуекті құрылым жасау жолдары сипатталды. Бұл өз кезегінде газдалған бетон өндірісін дамытуға өз үлесін қосатыны айқындалды.

Тірек сөздер: газдалған бетон, волластонит, ортофосфор қышқылы, әк, байланыстырғыш, кеуектілік, құрылым, тығыздық, жылу өткізгіштік, беріктік.

Кожакулов, Н.К. Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесіндегі материалдың кеуекті құрылымын зерттеу [Мәтін] / Н.К. Кожакулов, Б.Т. Копжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дуйсенбаева, Г.Т. Копжасарова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.209-218. https://doi.org/10.55956/HKPD4195

Кіріспе. Қазіргі заманғы құрылыстың дамуы қол жетімді шикізат базасы мен қарапайым өндіріс технологиясы бар жоғары сенімділікке ие тиімді құрылыс материалдарын кеңінен қолданумен үздіксіз байланысты. Әсіресе экологиялық таза және арзан кеуекті материалдар мен бұйымдарды жасау өзекті болып отыр. Жылу үнемдеу, дыбыс сіңіру қасиеттері бар бұл

материалдар сонымен қатар бөлмелерде қолайлы микроклиматтың қалыптасуына ықпал етеді.

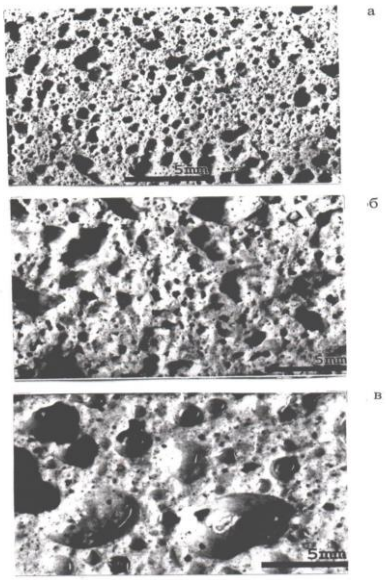
Газды силикатбетон бұйымдарын өндіру жоғары икемділігімен және әмбебаптығымен, қолданылатын шикізат материалдарының алуан түрімен, алынған бетон қасиеттерінің кең ауқымымен сипатталады. Газды силикатты бетон өндіруге әртүрлі химиялық, минералогиялық және толтырғыш құрамдарының табиғи және көптеген техногендік шикізаттары жарамды. Бір шикізат негізінде және бірыңғай технология бойынша газ түзгіштің әр түрі мен шығынға ие оңтайлы таңдалған компоненттер арқылы тығыздығы 200-1200 кг/м^3 болатын кең номенклатура өнімдерін жасауға болады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ғылыми жасалымдарға сәйкес, цементті немесе әкті ұялы бетондағы макро және микро кеуектердің мөлшері судың қатты қатынасына және қалыптау қоспасының сапасына айтарлықтай тәуелді. Тез қататын цементті немесе тез сөнетін әкті пайдаланған кезде қалыптау қоспасының беку мен қатаю уақыты алюминий ұнтағының әкпен реакциясы нәтижесінде сутектің бөліну мерзімінен жылдам болады [1]. Сондықтан байланысқан кеуектердің диаметрлері үлкен болып, ұялы бетонның құрылымы біркелкі емес болып келеді. Судың қатты қатынасының төмендеуімен және кремний диоксиді компонентінің майда ұнтақталуымен ұялы бетонда ұсақ кеуекті құрылым пайда болады. Жүргізілген ізденіс жұмыстары арқылы бұйымдардың механикалық беріктігі ғана емес, сонымен қатар олардың жылу және дыбыс сіңіру сипаттамалары қалыптау қоспа компоненттерінің сапасы мен арақатынасына байланысты екендігі анықталды. Акустикалық өнімдер үшін ұялы бетон жасаған дұрыс, себебі онда ауа өтізгіштік және дыбыс сіңуін арттыратын көптеген байланысқан кеуектер мен микро жарықтар пайда болады [2].

Біздің зерттеулеріміз волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесінде қалыптау қоспасының баяу ісінуі барысында біркелкі макроқұрылым жасалатынын, бетон ұсақ, біркелкі кеуектілікпен сипатталатынын көрсетті. Бастапқы компоненттердің өзара әрекеттесу реакциясының үдеуінен қалыптау қоспасындағы макроқұрылымда біркелкі емес, үлкен диаметрлі, байланысқан кеуектер басым болады. Біркелкі макроқұрылымы бар кеуекбетон қысу беріктігінің жоғарылауымен сипатталады (1,5-2 есе). Төменде кеуекті гипсобетонның құрылымына кейбір факторлардың әсері қарастырылады (волластонитті ұнтағының ұсақтығы, ортофосфор қышқылының концентрациясы, гипсті қатайтатын үдеткіш қоспалардың түрі мен мөлшері). Зерттеулер құрамында CO_2 бойынша 6,1% карбонатты волластонит пен Суттард бойынша 150-155 мм қалыптау қоспасының таралуын қамтамасыз ететін ерітіндіқатты қатынаста Г-7 маркалы гипсті және кеуекмассаны құрғақ минералдандыру әдісімен оны дайындаудың оңтайлы параметрлерін пайдалана отырып орындалды.

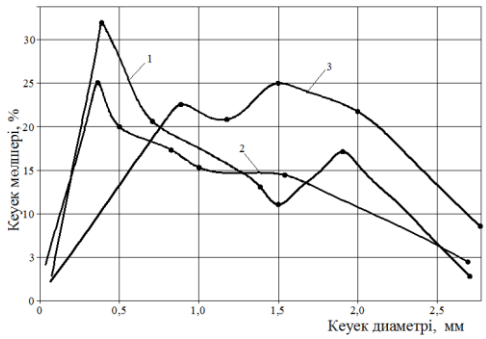
1-суретте H_3PO_4 50% концентрациясында және волластониттің әртүрлі дисперсиясында алынған кеуекті гипсобетонның макроқұрылымы көрсетілген. Волластониттің ұнтақтағы неғұрлым ірі болса кеуектер соғұрлым кішірек болады, ал неғұрлым майда болса кеуектердің диаметрі соғұрлым үлкен болады. Волластониттің ұнтағы 220 м /кг болғанда диаметрі 0,001-0,003 мм ұсақ тесіктер пайда болады, ал олардың кейбіреулері 0,5 мм-ге дейінгі (10% дейін) кеуектер болады (сурет 1а). 350 м^2/кг-ға дейін ұнтақтау кезінде ірі тесіктердің мөлшері артады және ұсақ тесіктердің ірілерге қатынасы 1:1 аралығында болады. Диаметрі 0,001-0,003 мм кеуектердің мөлшері 20%-дан аспайды, диаметрі 0,1-0,5 мм кеуектердің мөлшері 50-60%-

ға дейін артады (сурет 1б). Волластонит ұнтағы 450 м^2/кг болғанда кеуек тесігі негізінен дөңгелек пішінді үлкен 1-3 мм (кейде 5 мм дейін) болып келеді, бірақ кейде созылған пішінде де (сурет 1в) кездеседі.



Сурет 1. Түрлі дисперсиялы волластонитті (H_3PO_4 – 50% концентрациялы) кеуекті гипсбетонныңмакроқұрылымы, меншікті беттері: а – 220 м^2/кг; б – 350 м^2/кг; в – 450 м^2/кг

Кеуекті гипсобетонның құрылымдық кеуектілігі H_3PO_4 ерітіндісінің концентрациясына да байланыстылығы зерттеулер арқылы анықталды. Ерітінді концентрациясы 50% болған кезде реакция тез жүреді, құйылмалы қоспа (таралуы 155 мм), кеуек тесіктері үлкен. Қоспа тыныс алғандай болып газдың әсерінен көтеріліп, ауырлық күшінің әсерінен төмендейді. Тұрақтанғаннан кейін қоспа ірі кеуекті құрылымға ие, 50% дейін негізінен диаметрі 0,7-1,5 мм (2-сурет, 3-сызық), 30% дейін 2-3 мм кеуектері болады. H_3PO_4 ерітіндісінің 30% концентрациясында бу түзілуі тыныш, газдың бөлінуі біркелкі жүреді, кеуекті масса біркелкі және ұсақ кеуектілікпен сипатталады, негізінен тесіктердің диаметі 0,5 мм-ге дейін (2-сурет, 2-сызық) болып келеді.



Сурет 2. H_3PO_4 түрлі концентрациясында дайындалған кеуекті гипсобетондағы тесіктердің диаметрі бойынша таралуы: 1 – H_3PO_4 концентрациясы 20%; 2 – 30 %; 3 – 50 %

Қоспа баяу ісіну барысында (H_3PO_4 концентрациясы 20 %) диаметрі 0,5 мм-ге дейінгі кеуектер саны артады (2-сурет, 1-сызық). Біркелкі түзілу біркелкі кеуектілікпен кеуекті масса алуға мүмкіндік береді.

Химиялық қоспалардың кеуекті құрылымға әсерін анықтау үшін ортофосфор қышқылының әр түрлі концентрациясындағы үлгілердің қоспалар түрі мен құрамымен ерекшеленген жиынтығы дайындалды.

Экспериментте қалыптау массасының тұрақты реологиялық сипаттамалары Суттард бойынша – (150 = 5) мм кеуекті гипсобетонның құрылымдық түзілу шарттары ойластырылды. Қоспалардың түрі мен шығынына байланысты алынған материалдың тығыздығы бойынша маркасы D400-ден D800-ге дейін өзгерді. Зерттелген кеуекті гипсобетон құрамы 1-кестеде келтірілген.

Зерттеулер көрсеткендей, орташа тығыздығы төмен кеуекті гипсобетон көпіршіктердің полифракциялық сфералық құрылымымен, қоспалар шығынының ұлғаюымен өсетін ашық көздердің көп санымен сипатталады. Тығыздығы бойынша (Д400-Д500) төмен маркалы кеуекті гипсобетонның жалпы кеуектілігі 80-83% шегінде болады. Мұндай кеуекті бетондарда олардың қабырғаларының тұтастығының бұзылуы және кеуекті массаның сфералық көпіршіктерінің жанасу аймағында нүктелік тесіктер пайда болуы есебінен 40% дейін ашық қуыстар болады.

Қоспаның түрі мен шығыны белгілі бір түрде зерттелетін кеуекті гипсобетонның макроструктуралық кеуектілігіне әсер етеді.

$CaC1_2$ қоспасын 0,5-тен 2%-ға дейін пайдаланған кезде орташа тығыздығы 410-450 кг/м^3 материалдың құрылымы ірі кеуекті, беті онша тегіс емес және олардың арасында кедір-бұдырлы қалқалары бар тесіктер пішіні бойынша дұрыс емес екені анықталды (2-кесте).

2-4% Na_2SO_4 қосылған кезде дәнекерлеу реакциясы қарқынды өтеді, тесіктері дөңгелек. Өзара байланысқан немесе тұйық көптеген майда және орташа кеуектерге ие болады.

1,5% $A1_2(SO_4)_3$ қоспасы біркелкі ұсақ кеуекті құрылымы бар Д500 маркалы кеуекті гипсобетон алуға мүмкіндік береді. 0,5% Na_2CO_3 қосылған осындай маркадағы кеуекті гипсобетон орташа кеуекті құрылыммен сипатталады.

Кесте1

Кеуекті гипсобетон құрамдары (Г-7 маркалы гипс, CO_2 – 6.1%)

Құрам №	H_3PO_4 концентр-сы, %	Құрғақ компоненттер құрамы, мас. %				Құрғақ компоненттер массасынан қоспа, %	Р/Т, мл/г	Орташа тығыздық, кг/м^3	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа
		волластонит	гипс	Известняк ракушечник	крахмал				
1	30	61	32	3	4	Na_2CO_3,0,5	0,52	500	1,0
2	30	64	32	-	4	$A1(OH)_3$,3	0,54	600	1,7
3	30	60	34	2	4	Na_2SO_4,2	0,52	600	1,1
4	50	64	32	-	4	$A1_2(SO_4)_3$, 0,5	0,65	700	1,6
5	50	64	32	-	4	Na_2CO_3,1,5	0,68	700	1,9
6	30	64	32	-	4	$Al(OH)_3$,1	0,55	800	2,0
7	30	64	32	-	4	$A1_2(SO_4)_3$, 5	0,62	800	2,6

Кесте 2

Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесіндегі композиттердің кеуекті құрылымы (қатты компоненттердің құрамы, масс. волластонит 64, крахмал 4, гипс 32; волластониттегі карбонаттардың құрамы CO_2 бойынша 6,1%)

Құрам №	H_3PO_4 концентр-сы, %	Қоспа, %	Орташа тығыздық, кг/м^3	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Кеуекті макроқұрылым сипаттамасы
1	30	Na_2HCO_3,0,5	500	1,0	Орташа кеуекті. Жалпы кеуектілік 80%. Кеуектер: 3-5 мм – 15%; 1-2 мм – 30%; 0,1-0,5 мм – 30%; 0,01-0,03мм – 15%; 0,001-0,005 мм – 10%
2	30	$Al(OH)_3$,3	600	1,7	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 76%. Кеуектер: 3-5 мм – 15%; 1-3 мм – 10%; 0,1-0,5 мм – 30%; 0,01-0,05мм – 30%; 0,001-0,005 мм – 10%
3	30	Na_2SO_4,2	600	1,1	Орташа кеуекті. Жалпы кеуектілік 74%. Кеуектер: 3-5 мм – 30%; 1-2 мм – 20%; 0,5-1 мм – 20%; 0,1-0,3мм – 20%; 0,01-0,05мм – 10%
4	50	$Al_2(SO_4)_3$,0,5	700	1,6	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 73%. Кеуектер: 1-3 мм – 25%; 0,1-0,5 мм – 35%; 0,01-0,05мм – 25%; 0,001-0,005 мм – 15 %
5	50	Na_2CO_3,1,5	700	1,9	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 72%. Кеуектер: 3-5 мм – 10%; 1-3 мм – 30%; 0,1-0,5мм – 30%; 0,1-0,5мм – 30% 0,01-0,05мм – 30 %
6	30	$Al(OH)_3$,1	800	2,0	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 68%. Кеуектер: 1-3 мм – 10%; 0,1-0,5 мм – 40%; 0,01-0,03мм – 30%; 0,003-0,005мм – 20%
7	30	$Al_2(SO_4)_3$, 5	800	2,6	Майда кеуекті. Жалпы кеуектілік 66%. Кеуектер: 1-3 мм – 5%; 0,5-1 мм – 2,0%; 0,03-0,05 мм – 20%; 0,01-0,03 мм – 20%; 0,001-0,005мм – 35%

Д600-Д800 маркалы 1-3% $A1(OH)_3$ және 0,5-5% $A1_2(SO_4)_3$ қоспалары бар кеуекті гипсобетонның тұйық, майда кеуекті құрылымға ие болып келеді.

Жалпы алғанда, орташа тығыздықтың жоғарылауымен кеуекті гипсобетонның құрылымы неғұрлым тұйық, майда кеуекті болып келетінін байқауға болады. Д600-Д800 маркалы кеуекті гипсобетон үшін негізінен майда кеуекті кеуекаралық бірдей қалыңдықты құрылымды болады. Мұндай кеуекті гипсобетонның беріктігі біршама жоғары. Тығыздығы төменделген

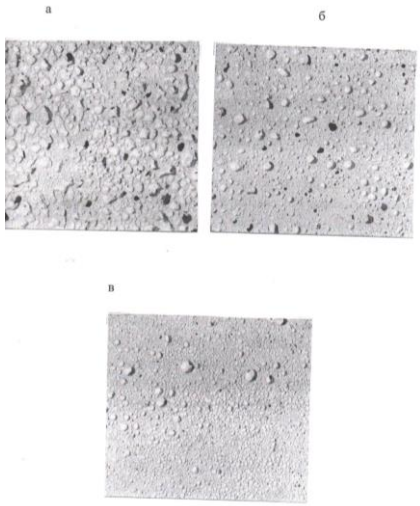
кеуекті гипсобетон бұзылған қабырғалар мен жарықтар арқылы өзара байланысқан босаңсыған және ирелеңдеген саңылау тәрізді құрылымымен және кеуектері біркелкісіз таралуымен ерекшеленеді. Жасырын және айқасқан микрожарықтар да кездеседі.

Қоспалар кеуекті құрылымға белгілі бір әсерін тигізеді: бір тығыздықты кеуекті гипсобетонның өлшемдері мен сипаты әртүрлі кеуекті (тұйық, байланыс түзген, ашық), ал бұл 3-кестенің деректерімен және 3-суретпен келтірілген.

Кесте 3

Кеуекті гипсобетон құрылымына қоспалардың әсері (қатты компоненттер құрамы, мас.%: волластонит 64, крахмал 4, гипс 32; волластониттегі карбонаттардың құрамы CO_2 бойынша)

H_3PO_4, концентр-сы, %	Қоспа, %	Р/Т, мл/г	Тығыздық бойынша маркасы	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Құрылым
30	NaOH, 1,5	0,60	600	0,9-1,0	Ірі кеуекті, біркелкісіз
30	Алюминий квасы, 2	0,52	600	1,1-1,4	Орташа кеуекті, біркелкі
30	$A1(OH)_3$, 3	0,54	600	1,4-1,7	Майда кеуекті



Сурет 3. Д600 маркалы түрлі қоспалы кеуекті гипсобетонның құрылымы: а – NaOH; б – алюмокалий квасы; в – $A1(OH)_3$

Алынған деректерге сәйкес NaOH қоспасын пайдалану кезінде Д600 маркалы кеуекті гипсобетонның макроқұрылымында үлкен диаметрлі біркелкі емес қуыстар басым. Өзара байланысатын көптеген ұяшықтар байқалады. Алюмокалий квасын қоспа ретінде пайдаланып алынған Д600 маркалы кеуекті гипсобетон орташа кеуекті құрылыммен сипатталады. Ірі де, ұсақ та ұяшықтар үлгіде біркелкі таралған, майда жарықтар жоқ. Бұл бетонға NaOH (0,9-1,2 МПа) қосылған кеуекті бетонмен салыстырғанда жоғары (1,1-1,4 МПа) беріктік тән болып табылады. $A1(OH)_3$ қосқанда кеуекті гипсобетон ұсақ кеуекті ұялы құрылымды болады.

3% $Al(OH)_3$ қоспасымен алынған ұсақ кеуекті құрылымды D600 кеуекті гипсбетонға қосымша 2% әктас қосу арқылы бетіне шығатын ішінара ашық кеуектерге ие орташа кеуекті құрылымды алады. Мұндай бетонның орташа тығыздығы 500 кг/м^3 аспайды.

Осылайша, әсер етуші факторларға байланысты (ортофосфор қышқылының концентрациясы, волластонит ұнтағының ұсақтығы, қоспалардың түрі мен саны) физикалық-механикалық қасиеттерін анықтайтын құрылымдық кеуектіліктің әртүрлі сипатына ие тығыздығы 400-800 кг/м^3 кеуекті гипсобетон алынды. Кеуекті гипсобетонның құрылымы, оны өндірудің технологиялық факторларына байланысы жайлы алынған мәліметтер құрылымның қалыптасу процестерін бақылауға және белгілі қасиеттері бар бұйымдарды алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ұялы бетонның негізгі қасиеттері (беріктігі, жылу өткізгіштігі, ауа өткізгіштігі, дыбыс сіңіргіштігі) оның тығыздығына, бетон түріне, технологиялық өндіріс параметрлеріне, бастапқы құрамдас бөліктерінің сапасы мен құрамына, су-қатты қатынасына, көбік түзетін заттың түрі мен дайындау әдісіне және т.б. байланысты болады [3].

Заманауи зауыттарда кеуекті қалыптастырудың әртүрлі әдістерімен алынған ұялы бетонның физика-механикалық қасиеттерінің орташа статистикалық көрсеткіштері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

Ұялы бетондардың негізгі физика – механикалық қасиеттері

Бетон түрі	Алюминий пудрасының шығыны, г/м^3	Көбік еселенуі	Орташа тығыздық, кг/м^3	Қысу кезіндегі беріктік, МПа	Жалпы кеуектілік, %
Газобетон	300		820	3,2-3,5	63,9-64,8
	450	-	635	2,3-2,4	72-72,8
	600	-	440	1,3-1,5	80,5-81,2
Пенобетон		10	742	2,7-2,9	67,2-68,2
	-	15	590	1,7-1,9	74-74,6
	-	20	430	1-1,1	80,9-81,7
Пеногазо-бетон	300	10	414	1,2-1,4	81,3-82,8
	450	15	393	0,8-0,9	82,6-83,2
	600	20	385	0,1-0,14	82,8-83,7

Кеуекті гипсобетонның негізгі қасиеттерін қорытындылау мен оларды әдеби дереккөздердің деректерімен салыстыру үшін волластонит концентратын (CO_2 карбонат мөлшері бойынша 6,1%) және Г-7 маркалы гипсті қолдану арқылы алынған әртүрлі тығыздықтағы кеуекті гипсобетонының құрылыс-техникалық сипаттамалары зерттелді. Бұл жағдайда D400-D500 төмен тығыздықты кеуекті гипсобетон H_3PO_4 концентрациясы 20%, тығыздығы D500 – 30% және D600-D800 – 30-50% қолдану арқылы алынды. Зерттелген бетондардың құрамдары 1-кестеде, құрылымдық сипаттамалары 2-кестеде берілген. Кеуекті құрылымның беріктігі мен сипатына қатысты кеуекті гипсобетонының негізгі физика-механикалық қасиеттері 5-кестеде жинақталған.

Орташа тығыздығы 410-800 кг/м^3 кеуекті гипсобетон 0,5-2,6 МПа қысымға беріктігімен сипатталады, яғни гипстік байланыстырғышты көбік бетонның беріктігіне жақын [4].

Біздің деректеріміз бойынша, кеуекті гипсобетонның жылу өткізгіштігі тығыздығына жалпы тікелей тәуелділігі сақталады, алайда белгілі бір технологиялық параметрлерді (Р/Т, гипс шығыны, H_3PO_4 концентрациясы, қоспалардың түрі мен мөлшері және т.б.) өзгерткенде бірдей тығыздықпен түрлі жылу өткізгіштікке ие түрлі макроқұрылымды кеуекті гипсобетон алуға болады. Осылайша, майда кеуекті құрылымды D500-D600 маркалы кеуекті гипсобетон тығыздығы бойынша осындай маркалы орташа кеуекті құрылымды кеуекті гипсобетонның жылу өткізгіштігімен салыстырғанда төмен (10-15%-ға) жылу өткізгіштік коэффициентімен сипатталады.

Кеуекті гипсобетон үшін, басқа да материалдар сияқты, ауа өткізгіштігі мен дыбысты жұтудың тығыздыққа тәуелділігі сақталады, бірақ бұл қасиеттер де көп жағдайда кеуекті құрылымның табиғатына байланысты. Тығыздығы 410-500 кг/м^3 аралығындағы үлкен кеуекті құрылымды кеуекті гипсобетонның ауа өткізгіштік коэффициенті (34,5-37,8)·10-7 м^3/(м.с.Па) шегінде болып келеді.

Құрылымдық кеуектілік кеуекті гипсбетонның дыбыс жұтуына тікелей әсер етеді. Ең жоғары дыбыс сіңіру (дыбысты жұту коэффициенті 0,42-0,45) 410-450 кг/м^3 орташа тығыздықты кеуекті гипсбетонға тән. Кеуектер ұлғайып, 40-60%-ға дейін ашық кеуектер пайда болған кезде кеуекті гипсобетонның дыбыс жұту коэффициенті 20-30%-ға артады.

Кесте 5

Кеуекті гипсобетонның негізгі физика-механикалық қасиеттері

Құрам №	Орташа тығыздық, кг/м^3	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	γ, Вт/ (м°С)	К·10^7, м^3/(м.с.Па)	500 Гц жиілікті α	Жалпы кеуектілік, %	Макроқұрылымның сипаттамасы
1	500	1,0	0,19	34,5	0,405	80	Орташа кеуекті. Ашық және тұйық кеуекті
2	600	1,7	0,19	33,8	0,38	75	Майда кеуекті. Ара ұялы құрылымды. Тұйық кеуекті
3	600	1,1	0,195	32,6	0,36	74	Орташа кеуекті. Ашық және тұйық кеуекті
4	700	1,6	0,195			73	Майда кеуекті. Негізі тұйық кеуекті
5	700	1,9	0,20	-	-	72,5	Майда кеуекті. Тұйық кеуекті
6	800	2,0	0,21	-	-	68	Майда кеуекті. Тұйық кеуекті
7	800	2,6	0,22		“	66	Майда кеуекті. Тұйық кеуекті

D400-D800 кеуекті гипсокартонның физика-механикалық қасиеттерінің орташа көрсеткіштері:

- қысу кезіндегі беріктік – 0,5-2,6 МПа
- жылу өткізгіштік коэффициенті – 0,16-0,22 Вт/(м°С)
- ауа өткізгіштік коэффициенті – (32-38) 10 ~7 м^3/(м.с.Па)
- 500 Гц дыбыс жиілігіндегі дыбысты жұту коэффициенті – 0,36-0,45.

Қорытынды. Волластонит – ортофосфор қышқылы – гипс жүйесінде табиғи карбонатты волластонит қоспа карбонаттарының қышқылмен

әрекеттесуіне байланысты кеуек түзетін компоненттің құрамдас бөлігі ғана емес, сонымен қатар құрылымды құрайтын компонент болып табылады. Волластонит кристалдарының талшықты күйінің арқасында гипс тасының беріктігі артады, әсіресе иілу кезінде жақсы байқалады. Сонымен қатар, композиция волластониттің ортофосфор қышқылымен әрекеттесуі кезінде фосфаттың қатаюына байланысты күшейтіледі.

Ортофосфор қышқылының ерітінділерімен өңделген кезде гипс баяу қатайтатын байланыстырғышқа айналады. Осыған байланысты пластикалық беріктіктің жоғарылауы мен өсу процестерінің дәйекті жүруі үшін жүйеге қатаю үдеткіш қоспаларын енгізу ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Эйрих, В.И. О применении волластонита в производстве композиционных строительных материалов и изделий на основе цемента [Текст] / В.И. Эйрих, С.В. Березовский, И.П. Тарантул, И.Н. Иоромашвили, Г.В. Конов // Строительные материалы. – 2002. – №1. – С.14-17.
2. Трамбовецкий, В.П. Ячеистый бетон в современном строительстве [Текст] / Трамбовецкий, В.П. // Технологии бетонов. – 2007. – №2.
3. Сахаров, Г.П. Ячеистый бетон: новый этап развития [Текст] / Сахаров, Г.П. // Технологии бетонов. – 2006. – №6.
4. Удачкин, И.Б. Турбулетная баротехнология пенобетона [Текст] / И.Б. Удачкин, В.И. Удачкин, В.М. Смирнов // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №2.

Материал редакцияға 03.03.25 түсті, 19.03.25 қабылданды.

Н.К. Кожакулов[1] , Б.Т. Копжасаров[1], С.М. Моминова[1], С.Т. Дуйсенбаева[2], Г.Т. Копжасарова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан
[2]Казахский национальный университет водного хозяйство и ирригации, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА В СИСТЕМЕ ВОЛЛАСТОНИТ – ОРТОФОСФОРНАЯ КИСЛОТА – ГИПС

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможности создания пористой структуры с использованием волластонита и ортофосфорной кислоты в качестве компонентов ячеистого бетона, изучены основные физико-механические свойства полученного бетона с сопоставлением полученных результатов в различных условиях. В соответствии с современными требованиями в стране с каждым днем все большее значение приобретает улучшение экономических, экологических и других показателей применяемых в строительной отрасли материалов, производимых, производимых и производимых. По результатам проведенных исследований, анализов и сравнений в статье описаны пути создания пористой структуры с различными свойствами при обработке волластонита ортофосфорной кислотой в качестве местного дополнительного источника сырья. Это, в свою очередь, внесет свой вклад в развитие производства газобетона.

Ключевые слова: газобетон, волластонит, ортофосфорная кислота, известь, связующее, пористость, структура, плотность, теплопроводность, прочность.

N. Kozhakulov[1], B. Kopzhasarov[1], S. Mominova[1], S. Duisenbayeva[2], G. Kopzhasarova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

INVESTIGATION OF THE POROUS STRUCTURE OF A MATERIAL IN THE WOLLASTONITE – ORTHOPHOSPHORIC ACID – GYPSUM SYSTEM

Abstract. This article discusses the possibilities of creating a porous structure using wollastonite and orthophosphoric acid as components of cellular concrete, and examines the basic physical and mechanical properties of the resulting concrete by comparing the results obtained under different conditions. In accordance with modern requirements in the country, the improvement of economic, environmental and other indicators of materials used in the construction industry, manufactured, manufactured and manufactured, is becoming increasingly important every day. Based on the results of studies, analyses and comparisons, the article describes ways to create a porous structure with different properties when treating wollastonite with orthophosphoric acid as a local additional source of raw materials. This, in turn, will contribute to the development of aerated concrete production.

Keywords: aerated concrete, wollastonite, orthophosphoric acid, lime, binder, porosity, structure, density, thermal conductivity, strength.

References

1. Eyrikh V.I., Berezovskiy S.V., Tarantul I.P., Ioromashvili I.N., Konov G.V. O primenenii vollastonita v proizvodstve kompozitsionnykh stroitel'nykh materialov i izdeliy na osnove tsementa [On the use of wollastonite in the production of composite building materials and products based on cement] // Building materials. – 2002. – No. 1. – P. 14-17. [in Russian].
2. Trambovetskiy, V.P. Yacheistyy beton v sovremennom stroitel'stve [Cellular concrete in modern construction] // Concrete technologies. – 2007. – No. 2. [in Russian].
3. Sakharov, G.P. Yacheistyy beton: novyy etap razvitiya [Cellular concrete: a new stage of development] // Concrete technologies. – 2006. – No. 6. [in Russian].
4. Udachkin I.B., Udachkin V.I., Smirnov V.M. Turbuletnaya barotekhnologiya penobetona [Turbulent barotechnology of foam concrete] // Construction materials and products. – 2005. – No. 2. [in Russian].

МРНТИ 67.21.17

М.Н. Байтемиров[1] – *основной автор*,
И.И. Бекбасаров[2], С.Ш. Егембердиева[3], Б.Ж. Кушкимбаева[4], Е.И. Атенов[5], Н.А. Шаншабаев[6]

©

[1]Канд. техн. наук, [2]Д-р техн. наук, [3,4]Канд.физ. мат. наук, доцент, [5]PhD, [6]Магистр, ст. преподаватель

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0006-9964-9425 [2]https://orcid.org/0000-0003-3250-7853
[3]https://orcid.org/0000-0002-6263-7731 [4]https://orcid.org/0000-0003-0572-0800
[5]https://orcid.org/0000-0002-2907-6610 [6]https://orcid.org/0000-0003-4930-0488

[1]Южно-Казахстанский филиал АО «КазНИИСА», г. Тараз, Казахстан
[2,3,4,5]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[6]Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации, г. Тараз, Казахстан

@ *[1]m.bait@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/NUSO8769

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ОСНОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТРОЯЩИХСЯ ЗДАНИЙ ШКОЛ В С. АКСУ И Г. ШЫМКЕНТ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы снижения риска возникновения деформаций конструкций и повышения эксплуатационной надёжности зданий и сооружений в условиях сложных инженерно-геологических условий южных регионов Казахстана. Представлены результаты исследования состояния строительных конструкций и грунтов двух строящихся общеобразовательных школ, имеющих идентичные инженерно-геологические условия для оценки влияния конструктивных решений подвальной части здания на показатели деформируемости грунтового основания. Предложены ряд рекомендаций для обеспечения эксплуатационной пригодности зданий школ и устранения выявленных отклонений от проектных решений, а также повреждений фундаментов и стен подвала.

Ключевые слова: грунты, основание, здание, инженерно-геологические условия, инженерно-геологические изыскания, конструктивные мероприятия.

Байтемиров, М.Н. Влияние жесткости подземной части здания на деформируемость основания на примере строящихся зданий школ в с. Аксу и г. Шымкент Туркестанской области [Текст] / М.Н. Байтемиров, И.И. Бекбасаров, С.Ш. Егембердиева, Б.Ж. Кушкимбаева, Е.И. Атенов, Н.А. Шаншабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.219-230. https://doi.org/10.55956/NUSO8769

Введение. Около 40% территории населённых пунктов южных областей Казахстана сложены просадочными глинистыми грунтами, которые характеризуются значительной подверженностью водонасыщению и последующим снижением несущей способности. Опыт строительства и эксплуатации зданий и инженерных сооружений в данных регионах показал,

что их эксплуатационная надёжность, устойчивость и долговечность во многом зависят от комплексного подхода к проектированию и строительству.

В частности, решающее значение имеют мероприятия, направленные на предотвращение и минимизацию просадочных явлений, включая применение современных методов стабилизации грунтов, дренажных систем, а также использование специальных конструктивных решений фундаментов. Важным аспектом является также выбор оптимальных проектных решений, способствующих снижению чувствительности зданий к возможным деформациям основания, таких как распределение нагрузок, увеличение жёсткости несущих элементов и применение компенсирующих конструкций.

Кроме того, следует учитывать влияние качества подготовки основания фундаментов, включая предварительное уплотнение грунта, контроль его влажностного состояния, применение защитных гидроизоляционных мероприятий, а также проведение инженерно-геологических изысканий с целью корректного определения характеристик грунтов и выбора наиболее эффективных способов их укрепления. Эти меры позволяют значительно снизить риск возникновения деформаций конструкций и повысить эксплуатационную надёжность зданий и сооружений в условиях сложных инженерно-геологических условий южных регионов Казахстана [1].

Условия и методы исследований. С целью всесторонней оценки влияния конструктивных решений подвальной части здания на показатели деформируемости грунтового основания были проведены комплексные исследования состояния строительных конструкций и грунтов основания в двух строящихся общеобразовательных школах, расположенных в различных населённых пунктах, но имеющих идентичные инженерно-геологические условия. Объектами исследования стали школа в селе Аксу Сайрамского района Туркестанской области (рис.1) и аналогичное образовательное учреждение в городе Шымкент (рис.2). В ходе работы проводился анализ проектных решений, натурные обследования несущих конструкций и инженерно-геологические изыскания, направленные на выявление деформационных процессов основания. Особое внимание уделялось влиянию подтопления строительной площадки, произошедшего в результате аномально обильных осадков в весенний период 2024 года, что позволило оценить устойчивость и адаптивность различных конструктивных решений подземной части зданий к воздействию сезонных гидрогеологических изменений.

Площадки строительства рассматриваемых школ сложена просадочными грунтами второго типа:

– грунты площадки школы на 900 мест в селе Аксу Сайрамского района – макропористые супеси твердой консистенции толщиной 13,5-17,5 м, тип грунтовых условий по просадочности – второй, плотность грунта – 1,64 г/см^3, плотность сухого грунта – 1,46 г/см^3, пористость – 45,8%, природная влажность грунта – 9,1-15,5%, влажность на границе текучести – 24,1% и раскатывания – 18,3%;

– грунты площадки школы на 1200 учащихся в микрорайоне Сауле г. Шымкент – макропористые супеси твердой консистенции толщиной 10,3-11,3 м и слабопросадочные суглинки мощностью 4,3-5,0 м, тип грунтовых условий по просадочности – второй, плотность грунта – 1,60 г/см^3, пористость – 47,7%, природная влажность грунта – 6,7-16,7%, влажность на границе текучести – 25,2% и раскатывания – 18,9%.

Рисунок 1. Общий вид строительной площадки школы в селе Аксу

Рисунок 2. Общий вид школы в городе Шымкент

В целях устранения просадочных свойств грунтов площадки строительства предусмотрено исскуственное основание в виде грунтовой подушки в пределах всей просадочной толщи. Грунтовые подушки выполнены путем отрывки котлована до низа просадочного слоя и послойной обратной отсыпки местным грунтом толщиной 20-30 см с последующим послойным уплотнением каждого слоя до плотности сухого грунта не менее 1,65 г/см^3. С целью достижения эффективности уплотнения, по результатам лабораторных испытаний грунтов для подушки, установлены оптимальные влажности грунтов: для школы в селе Аксу – 18,3%, для школы в микрорайоне Сауле г.Шымкент – 18,9%.

Обьект №1. Школа на 900 учащихся расположено на северо-западной части села Аксу Сайрамского района Туркестанской области. Здание в плане имеет сложную форму, состоит из шести блоков (рис.1), разделенные антисейсмическими швами по всей высоте здания до обреза фундаментов.

Конструктивная схема надземной части основных блоков школы в с. Аксу (рис.3): каркасно-пространственная конструктивная система в виде пространственной рамы состоящих из колонн и ригелей со сборными железобетонными перекрытиями. Основанием фундаментов служат послойно уплотненная грунтовая подушка толщиной 11,80 м из местной супеси.

Блоки А и Б – трехэтажные с подвалами, прямоугольные в плане с размерами 18,90×60,25 м и 9,1×18,0 м состоят из двух отсеков, разделенных между собой антисейсмическим швом. Блок В имеет размеры 10,9×37,0 м. Высота подвала – 1,80 м и 2,55 м.

Блок Г – одноэтажный без подвала, прямоугольный в плане с размерами в осях 18,1×36,05 м. Высота этажа – 7,0 м. Блок Д – одноэтажный без подвала, прямоугольный в плане с размерами 52,5×15,60 м, высота этажа – 3,6 м.

Блок Е – двухэтажный с подвалом, прямоугольный в плане с размерами 18,1×36,05 м. Высота подвала – 1,80 м, высота этажей – 3,0 м.

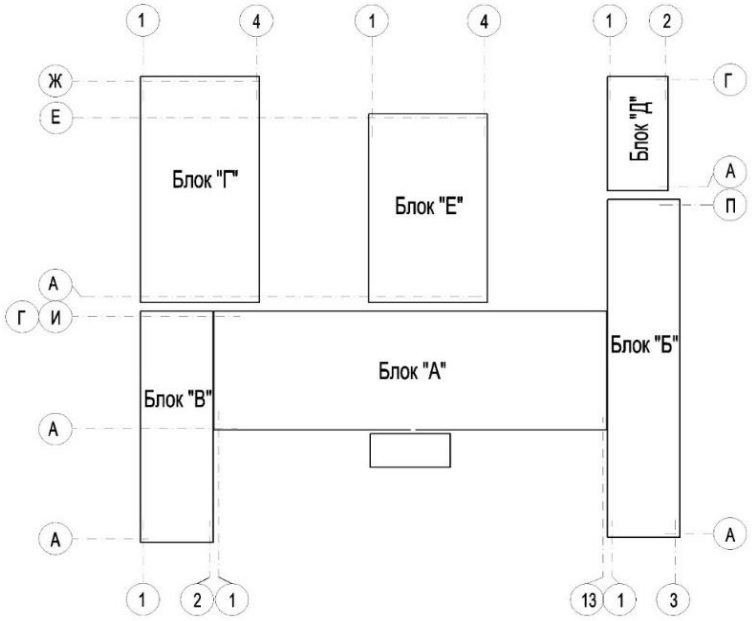


Рисунок 3. Схема блокировки школы в с.Аксу (объект №1)

Обьект №2. Школа на 1200 учащихся расположена по адресу: г. Шымкент, микрорайон Сауле, квартал №276. Здание состоит из десяти блоков (рис.2), разделенные осадочными швами по всей высоте здания с подошвой фундаментов.

Конструктивная схема надземной части основных блоков школ в микрорайоне Сауле города Шымкента (рис.4): каркасно-пространственная конструктивная система в виде пространственной рамы из колонн и ригелей с монолитными железобетонными перекрытиями. Основанием фундаментов служат послойно уплотненная грунтовая подушка толщиной 15,70 м из местной супеси.

Трехэтажные блоки (блоки №1, 2, 4, 5, 6, 10) в плане имеют прямоугольную форму с размерами в осях 19,20×25,20 м, 18,60×24,60 м,

19,0×25,20 м, 19,0×20,90 м, 19,0×35,40 м и 19,20×27,0 м с подвалом. Высота подвала 2,60 м.

Блок 3 и блок 7 состоят из одноэтажных и двухэтажных отсеков, в плане имеют прямоугольную форму с размерами в осях 19,0×25,20 м и 18,6×42,0 м;

Блок 8 – двухэтажное в плане имеет прямоугольную форму с размерами в осях 18,60×16,20 м с подвалом высотой 2,60 м;

Блок 9 – одноэтажное в плане имеет прямоугольную форму с размерами в осях 18,60×24,0 м с подвалом с высотой 2,60 м;

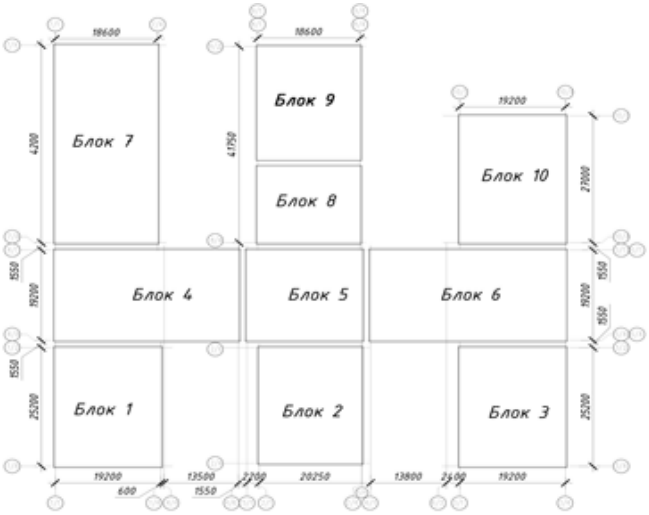


Рисунок 4. Схема блокировки школы в г. Шымкент (объект №2)

Конструктивные схемы подвальной части и фундаментов рассматриваемых школ отличаются по пространственной жесткости. Так, например:

По объекту №1 каркас в подвальной части здания состоит из монолитных железобетонных колонн и ригелей, столбчатые фундаменты под колонны высотой 1,20 м (высота ступеней 300 мм) из бетона класса В15. Для обеспечения пространственной жесткости подвальной части здания на уровне перекрытия подвала выполнены железобетонные ригели и сборные плиты с монолитными железобетонными обвязками.

Фундаменты и стены подвала по наружным осям – самонесущие (т.к. плиты перекрытия опирается на продольные ригели рамы), монолитные из бетона класса В12,5. Ленточные фундаменты и стен подвала предусмотрены с отм. -0,75 м до отм. 3,75 м, высота фундаментов 3,00 м, ширина 0,40 м, ширина плитной части 0,6 м, высота плитной части 300 мм.

По объекту №2 каркас в подвальной части здания состоит из монолитных железобетонных колонн и ригелей, перекрестных ленточных фундаментов из монолитного железобетона высотой 0,70 м. Монолитное железобетонное перекрытие толщиной 200 мм опирается на ригели каркаса и армированную стенку подвала толщиной 250 мм.

В целях снижения чувствительности здания к неравномерным осадкам основания между блоками выполнены осадочные швы шириной 50 мм. Для обеспечения пространственной жесткости подвальной части здания

железобетонный каркас подвала выполнен с монолитными железобетонными перекрытиями и армированными стенами подвала толщиной 200 мм. Монолитное перекрытие, выполненное с ригелями каркаса и стенами подвала из монолитного железобетона, а также перекрестные фундаменты под колоннами обеспечивает пространственной жесткости подземной части здания и снижает неравномерной осадки основания.

Результаты исследований и их обсуждения. Сравнительный анализ конструктивных мероприятий [2] по снижению чувствительности здания к неравномерным осадкам по двум школам показали следующие результаты.

Качественный анализ принятых проектных решений [3] рассматриваемых зданий показал, что объемно-планировочные и конструктивные решение подземной части зданий соответствует проектной документации рабочего проекта «Строительство школы в новом микрорайоне села Аксу, Аксукентского сельского округа Сайрамского района Туркестанской области» и «Строительство школы на 1200 учащихся в квартале №276 Аль-Фарабийского района, города Шымкент».

Конструктивные мероприятия по снижению чувствительности к неравномерным осадкам основания школы в с. Аксу ограничивались устройством монолитного железобетонного обвязка на уровне сборного перекрытия подвала и разделением блоков только антисейсмическими швами, что привело к многочисленным трещинам ленточного фундамента и стен подвала. Разделение здания на отдельные блоки только антисейсмическими швами до обреза фундаментов не обеспечили раздельную работу отсеков при деформации основании. На практике проектирования часто принимается аналогичное решение, что в последствии неравномерная осадка основания в период строительства и эксплуатации приводит к повреждениям конструкций здания. В школе в микрорайоне Сауле г. Шымкент во время интенсивного замачивания основания конструкции здания не получили повреждения от неравномерных осадок грунтов из-за использования достаточного уровня мероприятий по обеспечению раздельной работы блоков и совместной работы конструкций подземной части каждого блока здания. Разделение здания на отдельные блоки осадочными швами до уровня подошвы фундаментов обеспечил раздельную работу всех. Повышение жесткости подземной части здания достигнуто путем обеспечения совместной работы монолитных железобетонных конструкций перекрытия, колонн, ригелей, стен подвала и фундаментов в виде перекрестных лент.

В ходе строительства рассматриваемых школ в с. Аксу и в г. Шымкент качество уплотнения каждого слоя грунтовой подушки [4] в период устройства основания контролировались испытательной лабораторией ТОО «Инженерные изыскания».

Для оценки состояния оснований фундаментов анализированы результаты лабораторных испытаний грунтов в процессе устройства подушки. Грунтовые подушки возведены для школы на 900 учащихся в с. Аксу с ноября 2023 по февраль 2024 года, для школы на 1200 мест в мкр. Сауле г. Шымкент с ноября по декабрь 2023 года. В ходе возведения грунтовой подушки отдельные слои грунтов подвергались замачиванию от воздействия атмосферных осадков, при этом увлажненные слои грунта до толщины 60 см заменяли новыми слоями из местной супеси.

Результаты лабораторных испытаний показали, что по первому объекту плотность сухого грунта по площадке и по глубине подушки колеблется в

пределах 1,66-1,89 г/см^3 при влажности грунта W=14,7-17,9% и по второму объекту плотность сухого грунта колеблется в пределах от 1,65 до 1,89 г/см^3 при влажности 15,2-17,9%. В отдельных слоях влажность грунта составляла 18,8-20,1% из-за увлажнения грунта атмосферными осадками.

Анализ результатов проведенных исследований состояния грунта в период устройства подушки показывает, что плотность сухого грунта подушки в целом по площадке и по глубине подушки колеблется в пределах 1,65-1,89 г/см^3, что соответствует проектному значению и требованиям норм.

В дождливые погоды весеннего периода 2024 года в с. Аксу и в г. Шымкент строительные площадки часто подвергались подтоплению, особенно следует отметить обильные дожди, прошедшие 25 мая (в порядке месячной нормы). В результате осмотра конструкций после обильных дождей были выявлены повреждения фундаментов школы на 900 мест в селе Аксу, а в школе на 1200 мест в микрорайоне Сауле г. Шымкент не выявлено повреждений в конструкциях подземной части здания.

С целью изучения влияния подтопления площадки строительства на техническое состояние конструкций подземной части здания [5] проведено детальное обследование возведенных конструкций фундаментов и грунтовых подушек строящихся школ, расположенных в с. Аксу Сайрамского района и в микрорайоне Сауле города Шымкент Туркестанской области.

В целях оценки состояния конструкций подвальной части были определены геометрические размеры конструкций и параметры выявленных трещин трещиномером с точностью до 0,1 мм.

Оценка прочностных характеристик бетона производилась неразрушающими методами контроля с помощью ударно-импульсного измерителя прочности «Оникс-2.6» производства ООО «НПП «Интерприбор», Россия, по ГОСТ 22690-88.

Исследование основания фундаментов здания производилось методом оперативного контроля плотности грунтов в соответствии СП РК 5.01-108-2013 и методом режущего кольца по ГОСТ 5180-2015.

Результаты исследования грунтов основания фундаментов по объекту №1, выполненные 8 мая 2024 года показали следующие результаты:

– плотность сухого грунта по площадке и по глубине подушки колеблется в пределах 1,66-1,93 г/см^3 при влажности грунта W=14,7-17,9%;

– при глубине отбора грунтов 0,15-0,50 м плотность сухого грунта колеблется в пределах 1,72-1,93 г/см^3 при влажности грунта W=15,42-16,8%;

– в отдельных местах под подошвой фундамента выявлены линзы водонасыщенного грунта толщиной 10-20 см из-за неровности поверхности верхнего слоя уплотненной подушки, в этих местах влажность грунта составляла 24-32%.

По объекту №2 из-за отсутствия повреждений стен подвала, ленточных и столбчатых фундаментов, контрольные проверки плотности и влажности грунта не проводились.

В связи с образованием трещин в теле фундаментов и их смещения от оси были выполнены 22 мая 2024 года контрольные проверки плотности и влажности грунтов основания фундаментов здания [6]. Проверки показали следующие результаты:

– в 12 шурфах при глубине отбора грунтов 0,15-0,50 м плотность сухого грунта колеблется в пределах 1,70-1,86 г/см^3 при влажности грунта W=14,9-18,1%;

– при глубине отбора грунтов 1,0 м, 1,5 м и 2,0 м плотность сухого грунта соответственно составляла 1,75, 1,80 и 1,77 г/см^3 при влажности грунта W=16,62, 15,82 и 15,42%;

– при обследовании 22.05.24 г. под подошвой фундамента не выявлено линз из водонасыщенного грунта из-за отвода воды через дренажные траншеи.

Выполненные контрольные проверки плотности грунта подушки школы на 1200 учащихся показали, что плотность сухого грунта составляет 1,67-1,84 г/см^3, при этом природная влажность грунта колебался в пределах 16,6-18,2%.

С целью оценки осадки зданий блоков выполнены тахеометрические съемки отметки перекрытия подвала. Максимальные осадки выявлены по блокам №2 и №3, и составили 11 см и 17 см, при этом относительная разница осадков по двум блокам составляла 0,00238. В остальных блоках выявлены осадки не более 7 см, не превышающих предельные значения. Согласно положениям норм СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений» для оснований, сложенных горизонтальными слоями грунтов, максимальная допустимая осадка составляет 18 см, относительная разница отметок в пределах здания – 0,0036.

Результаты проверки прочности бетона фундаментов [7] по школе в с. Аксу показали, что прочность бетона столбчатых фундаментов под колонны составляет 195-300 кг/см^2 и соответствует классу В15-В20, прочность бетона ленточных фундаментов и стен подвала колеблется в 175-212,5 кг/см^2 и классу В12,5-В15. По школе в мкр. Сауле г. Шымкент прочность бетона фундаментов, стен, колонн и ригелей подвала колеблется в пределах 311-443 кгс/см^2 и соответствует классу В25. В целом, прочностные характеристики бетонных и железобетонных конструкций зданий двух школ соответствовали проектным решениям и требованиям норм.

К моменту обследования в школе с. Аксу были выполнены работы по устройству колонны подвала, столбчатые и ленточные фундаменты, стены подвала, по школе в микрорайоне Сауле в г. Шымкент – монтаж перекрытия второго этажа здания.

По результатам проведенного обследования технического состояния конструктивных элементов подвальной части здания и фундаментов объекта №1 были выявлены следующие дефекты и повреждения:

– после обильного дождя в результате подтопления площадки строительства под подошвой фундамента местами верхняя часть грунтовой подушки находился в водонасыщенном состоянии, влажность достигала до 28%;

– глубина инфильтрации поверхностных вод не превышала 20-30 см, вероятно достаточно уплотненный слой подушки создал водонепроницаемый экран;

– при уплотнении грунта обратной засыпки между столбчатыми фундаментами внутри здания блока А грунтоуплотняющими машинами произошли сдвиг фундамента с отклонением от разбивочной оси до 100 мм, что превышает допустимые нормативные значения;

– неравномерное увлажнение грунта под фундаментами наружных стен блоков А, Б, Г и Е произошли из-за неуплотненного грунта обратной засыпки с различной толщиной;

– разность отметок между столбчатыми фундаментами в блоке А составляла до 150 мм, т.е. относительная разность осадок 0,025, что превышает нормативное предельное значение 0,0036;

– по блоку А выявлены вертикальные сквозные трещины в теле ленточного фундамента в количестве 5 шт. с шириной раскрытия от 0,3 мм до 5,0 мм с длиной распространения до 1,20 м;

– по блоку Б 8.05.2024 г. выявлена вертикальная сквозная трещина в теле ленточного фундамента с шириной раскрытия 0,6 мм от верха длиной 3,0 м, к 22.05.24 г. ширина трещины достигла до 6-7 мм;

– по блоку Г выявлены вертикальные сквозные трещины в теле ленточного фундамента в количестве 2 шт. с шириной раскрытия от 0,25 мм до 0,8 мм с длиной распространения до 2,0 м;

– по блоку Е выявлены в одном месте вертикальная сквозная трещина в теле ленточного фундамента с шириной раскрытия от 0,3 мм до 0,5 мм с длиной распространения до 2,0 м;

– в блоках В и Д дефектов и повреждений фундаментов и стен подвала не выявлено из-за своевременного выполнения обратной засыпки с уплотнением.

По результатам обследования конструкций подвала и оснований фундаментов по объекту №2:

– в период обильных дождей обратная засыпка пазух котлованов были выполнены с уплотнением;

– при обследовании здания не выявлено дефектов и повреждений, оказывающих влияние на несущую способность строительных конструкций;

– относительная разница осадок столбчатых фундаментов под колонны в блоках 1-10 составляла 0,0006-0,00238, что не превышала предельного значения деформации оснований;

– дефектов и повреждений, свидетельствующих влияние неравномерной осадки основания на несущую способность колонн, ригелей, перекрытия и фундаментов, не выявлено.

Заключение. Сравнительный анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

– некорректная вертикальная привязка здания по двум обьектам, т.е. отметка котлована расположена ниже отметок прилегающего участка земли, например по первому объекту отметки верха котлована ниже от поверхности земли на 5,0-12,0 м, по второму объекту – на 3-5,0 м;

– строительно-монтажные работы по возведению нулевой части здания начаты в декабре 2023 года без разработки проекта производства работ и соответственно не разработаны мероприятия по отводу поверхностных атмосферных вод для случая подтопления площадки строительства в зимнее-весений период года;

– блоки объекта №1 не разделены осадочными швами до низа подошвы фундаментов, что не обеспечивает раздельную работу каждого блока;

– жесткость подвальной части здания и фундаментов объекта №1 недостаточны для снижения чувствительности здания к неравномерной осадке основания;

– по объекту №2 в результате выполненных мероприятии по повышению жесткости подвальной части здания и фундаментов несущие

конструкции здания не получили повреждения в виде трещин от неравномерных осадок допустимого значения.

На замачивание оснований фундаментов повлияло не полностью выполненные водозащитные мероприятия в период возведения здания: отсутствие ливневой канализации для отвода поверхностных вод и водонепроницаемых отмосток, не выполнена планировка застраиваемой площадки строительства для естественного стока атмосферных вод и др. В проекте не были предусмотрены отвод поверхностных вод в случае подтопления площадки.

По результатам анализа результатов исследования деформации грунтов основания и конструкций подземной части здания установлены, что осадки здания и повреждения конструкций при интенсивном замачивании основания в период возведения подземной части зависит от полноты принятых конструктивных решений подвальной части здания и от качества подготовки основания фундаментов и равномерности уплотнения грунта котлована.

Согласно положениям норм СП РК 5.01-102-2013 [8] водозащитные и конструктивные мероприятия по снижению чувствительности здания к осадкам рекомендуется при частичном устранений просадочных свойств грунтов. По проекту школы на 900 мест в с. Аксу согласно положениям норм [8] предусмотрено устранение просадочных свойств в пределах всей просадочной толщи без дополнительных водозащитных и конструктивных мероприятий, что при замачивании основания поверхностными водами фундаменты здания получили многочисленные трещины. По проекту школы на 1200 мест в микрорайоне Сауле г. Шымкент кроме устранения просадочных свойств по всей толщине просадочного слоя предусмотрены разделение здания блоков осадочными швами, мероприятий по повышению прочности и пространственной жесткости подземной части здания. В результате интенсивного замачивания площадки конструкций здания не получили повреждений и осадки блоков здания не превышали предельно допустимые значения.

Рекомендации по усилению и восстановлению эксплуатационной надежности зданий. В целях обеспечения эксплуатационной пригодности здания, а также для устранения выявленных отклонений от проектных решений и повреждений фундаментов и стен подвала согласно рекомендациям авторов исследования были выполнены следующие мероприятия:

– по обьекту №1 демонтированы ленточные и столбчатые фундаменты по трем продольным осям блока А и заменена верхняя часть грунтовой подушки до глубины 0,60 м блока А, в остальных блоках произведено осушение грунтов основания после снижения влажности грунта до 18%, стены подвала с трещинами шириной более 1 мм были усилены арматурными сетками с двух сторон, в блоках Г и Д (спортзалы без подвала) с целью повышения жесткости фундамента поверху ленточного фундамента выполнены железобетонные пояса толщиной 200 мм с армированием 4d20-AIII;

– по объекту №2 выполнено осушение грунтов основания путем устройства дренажных колодцев в каждой ячейке подвала и откачки воды из них.

Список литературы

1. СП РК 2.03-30-2017* Строительство в сейсмических зонах. – Астана, 2024. – 111 с.
2. СН РК 1.04-102-2012 Правила оценки физического износа зданий и сооружений. – Астана, 2015. – 90 с.
3. СП РК 1.04-110-2017 Обследование, оценка технического состояния и сейсмоусиление зданий и сооружений. – Астана, 2017. – 53 с.
4. СП РК 5.01-108-2013 Оперативный контроль плотности грунтов в условиях строительной площадки при их уплотнении. – Астана, 2015. – 123 с.
5. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 55 с.
6. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами. – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
7. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.
8. СП РК 5.01-102-2013 Основания зданий и сооружений. – Астана, 2021. – 203 с.

Материал поступил в редакцию 17.01.25, принят 01.02.25.

М.Н. Байтемиров[1], И.И. Бекбасаров[2], С.Ш. Егембердиева[2], Б.Ж. Кушкимбаев[2], Е.И. Атенов[2], Н.А. Шаншабаев[3]

[1]«Қазақ сәулет және құрылыс ҒЗИ» АҚ ОҚФ, Тараз қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]Қазақ Ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз қ., Қазақстан

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ АҚСУ ЖӘНЕ ШЫМКЕНТ ҚАЛАЛАРЫНДА САЛЫНЫП ЖАТҚАН МЕКТЕП ҒИМАРАТТАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА ҒИМАРАТТЫҢ ЖЕР АСТЫ БӨЛІГІНІҢ ҚАТТЫЛЫҒЫНЫҢ НЕГІЗДІҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАНУЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанның оңтүстік өңірлерінің күрделі инженерлік-геологиялық жағдайлары жағдайында конструкциялардың деформацияларының туындау қаупін азайту және ғимараттар мен құрылыстардың пайдалану сенімділігін арттыру мәселелері қарастырылған. Ғимараттың жертөле бөлігінің құрылымдық шешімдерінің топырақ негізінің деформациялану көрсеткіштеріне әсерін бағалау үшін бірдей инженерлік-геологиялық жағдайлары бар салынып жатқан екі жалпы білім беретін мектептердің құрылыс конструкциялары мен топырақтарының жай-күйін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Мектеп ғимараттарының пайдалануға жарамдылығын қамтамасыз ету және жобалық шешімдерден анықталған ауытқуларды, сондай-ақ жертөле іргетастары мен қабырғаларының зақымдануын жою үшін бірқатар ұсыныстар келтірілген.

Тірек сөздер: топырақ, негіз, ғимарат, инженерлік-геологиялық жағдайлар, инженерлік-геологиялық ізденістер, конструктивтік іс-шаралар.

M.N. Baitemirov[1], I.I. Bekbasarov[2], S.Sh. Egemberdieva[2], B.Zh. Kushkimbaev[2], Y.I. Atenov[2], N.A. Shanshabaev[3]

[1]SKB of JSC "Kazakh Research Institute of architecture and construction", Taraz, Kazakhstan
[2]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[3]Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

THE INFLUENCE OF THE RIGIDITY OF THE BUILDING UNDERGROUND PART ON THE DEFORMABILITY OF THE BASE ON THE EXAMPLE OF SCHOOL BUILDINGS UNDER CONSTRUCTION IN AKSU AND SHYMKENT, TURKESTAN REGION

Abstract. The article considers the issues of reducing the risk of structural deformations and increasing the operational reliability of buildings and structures in the conditions of complex engineering and geological conditions of the southern regions of Kazakhstan. The article presents the results of a study of the state of building structures and soils of two comprehensive schools under construction that have identical engineering and geological conditions to assess the impact of design solutions for the basement of the building on the deformability of the soil foundation. A number of recommendations are proposed to ensure the operational suitability of school buildings and eliminate the identified deviations from design solutions, as well as damage to foundations and basement walls.

Keywords: soils, foundation, building, engineering-geological conditions, engineering-geological surveys, structural measures.

References

1. SP RK 2.03-30-2017* Stroitel'stvo v seysmicheskikh zonakh [Construction in seismic zones]. Astana, 2024. – 111 p. [in Russian].
2. SN RK 1.04-102-2012 Pravila otsenki fizicheskogo iznosa zdaniy i sooruzheniy [Rules for assessing the physical deterioration of buildings and structures]. Astana, 2015. – 90 p. [in Russian].
3. SP RK 1.04-110-2017 Obsledovaniye, otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya i seysmousileniye zdaniy i sooruzheniy [Survey, assessment of the technical condition and seismic strengthening of buildings and structures]. Astana, 2017. – 53 p. [in Russian].
4. SP RK 5.01-108-2013 Operativnyy kontrol' plotnosti gruntov v usloviyakh stroitel'noy ploshchadki pri ikh uplotnenii [Operational monitoring of soil density under construction site conditions during their compaction]. Astana, 2015. – 23 p. [in Russian].
5. GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya [Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition]. Moscow: Standartinform, 2014. – 55 p. [in Russian].
6. GOST 22690-2015 Betony. Opredeleniye prochnosti mekhanicheskimi metodami [Concretes. Determination of strength by mechanical methods]. Moscow: Standartinform, 2019. – 20 p. [in Russian].
7. GOST 5180-2015 Grunty. Metod laboratornogo opredeleniya fizicheskikh kharakteristik [Soils. Method of laboratory determination of physical characteristics]. Moscow: Standartinform, 2016. – 20 p. [in Russian].
8. SP RK 5.01-102-2013 Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Foundations of buildings and structures]. Astana, 2021. – 203 p. [in Russian].

МРНТИ 67.21.21

И.И. Бекбасаров[1] – *основной автор,*
Е.И. Атенов[2], Н.А. Шаншабаев[3]

[1]Д-р техн. наук, [2]PhD, [3]Магистр, ст. преподаватель

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-3250-7853 [2]https://orcid.org/0000-0002-2907-6610 [3]https://orcid.org/0000-0003-4930-0488*

[1,2,3]Таразский университет им. М.Х. Дулати,

г. Тараз, Казахстан

@ *[1]ii.bekbasarov@dulaty.kz*

https://doi.org/10.55956/RITR8974

ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ г. ТАРАЗА

Аннотация. Приведен краткий анализ данных о некоторых крупных землетрясениях, произошедших на территории Алматинской, Восточно-Казахстанской и Жамбылской областей РК в 1887-2003 годах. Описаны негативные последствия, имевшие место в результате проявления этих опасных природных явлений. Указан материальный ущерб и количество человеческих жертв. На основе требований отечественных строительных нормативных документов разных лет дана оценка сейсмостойкости объектам жизнеобеспечения г. Тараза. Указано отсутствие масштабных и плановых работ, направленных на обеспечение безопасности граждан, зданий и сооружений г. Тараза. Предложена разработка и реализация долгосрочной программы по обеспечению безопасности населения города и его важнейших объектов при землетрясениях. В качестве неотъемлемой части работ данной программы предложено рассматривать составление цифровой карты объектов жизнедеятельности г. Тараза по степени их возможных разрушений при землетрясениях с применением ИИ (искусственного интеллекта). Рассмотрены основные задачи, которые подлежат решению в рамках разработки предложенной цифровой карты. Научно-техническое задание на разработку цифровой карты в рамках программно-целевого финансирования (ПЦФ) представлено в МНВО РК.

Ключевые слова: здание, землетрясение, разрушение, ущерб, сейсмобезопасность, сейсмостойкость, цифровая карта, искусственный интеллект.

Бекбасаров, И.И. Об обеспечении сейсмической безопасности г. Тараза [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов, Н.А. Шаншабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.231-240. https://doi.org/10.55956/RITR8974

Введение. С конца января 2024 года население г. Алматы было сильно встревожено подземными толчками, которые являются отголосками землетрясений, имеющих место на территории соседних стран (Китая и Киргизии). Существенный всплеск тревоги и страха людей имел место 23 января и 4 марта, когда было зафиксированы толчки силой в 5 баллов. Особую озабоченность вызвало предположение ученых о том, что возможными причинами второго 5-ти бального землетрясения являются процессы, происходящие в Кеминском тектоническом разломе, пролегающем в Северном Тянь-Шане [1,2]. Последнее стало поводом для высказывания

мнения сейсмологами о возможной активизации этого разлома, который в свое время служил причиной мощного землетрясения, произошедшего в 1911 году в г. Верном [2-4].

Несомненно, произошедшие события существенно актуализируют проблему сейсмической безопасности населения, проживающего не только в Алматы и Алматинской области, но и в других сейсмоопасных регионах страны. Остра эта проблема и для г. Тараза, а также и для Жамбылской области, ряд населенных пунктов которой находится на территории с сейсмичностью в 6-9 баллов. Поэтому рассмотрение, изучение и решение вопросов обеспечения защиты населения и их имущества от землетрясений является важнейшей актуальной задачей сейсмоопасных регионов страны.

Для уяснения полноты потенциальной сейсмической угрозы обратимся к некоторым историческим фактам, свидетельствующим о серьезных последствиях землетрясений, имевших место на территории Казахстана в 19-21 веках. Так, одним из первых землетрясений, по которому доступна информация, является Верненское землетрясение, которое произошло в 1887 году с магнитудой 7,3 по шкале Рихтера [2,4,5]. Очаг землетрясения находился на глубине 60 км, а его эпицентр – в 10-12 км от г. Верный (ныне Алматы). Было разрушено 1799 каменных и 839 деревянных зданий. В самом городе и в двух прилегающих станицах погибло более 300 человек.

В 1889 году произошло Чиликское землетрясение с магнитудой 8,3 [2,4]. Сила землетрясения в г. Верном составляла в 7-8 баллов, которое ощущалось в Павлодаре и Семипалатинске. Расстояние от эпицентра до г. Верного составляло около 150 км. В Верненском уезде было разрушено более 400 построек. Погибло несколько десятков людей. Очень сильно пострадали города Джаркент и Пржевальск.

В 1991 году, как уже отмечалось выше, имело место Кеминское землетрясение с магнитудой 8,2 [2]. Сила землетрясения в г. Верном достигала 9-10 баллов, в горной местности – 11-12 баллов. Очаг землетрясения располагался на глубине 25 км, а его эпицентр – на расстоянии около 40 км от города. Погибло ориентировочно 390-452 человека. Разрушено 1094 строений. Погибло 13,0 тыс. голов скота. На территории города образовались глубокие разрывы в виде трещин шириной до 1 м и глубиной до 5 м. В эпицентральной зоне землетрясения образовалась система разрывов общей протяженностью до двухсот километров, а в горах произошли многочисленные обвалы и оползни. Имело место изменение горного рельефа, в результате чего были образованы Кольсайские озера и озеро Каинды в Алматинской области.

Кроме рассмотренных крупных землетрясений, в последние десятилетия в Казахстане стали наиболее известными такие землетрясения как Джамбульское, Зайсанское и Луговское землетрясения.

Джамбульское землетрясение произошло 10 мая 1971 года, магнитуда которого составляла 5,5 [6]. Сила землетрясения в городе достигала 6-7 баллов. Было повреждено 28 тыс. зданий и сооружений, в том числе 16,5 тыс. частных жилых домов. Подлежали сносу 48 общественных зданий, в том числе 15 школ, 13 детских дошкольных учреждений, 11 объектов здравоохранения и 9 объектов культуры.

Зайсанское землетрясение произошло 14 июня 1990 года на территории Восточно-Казахстанской области [7]. Магнитуда землетрясения составила 6,9. В населенных пунктах Рожково и Бакасу Зайсанского района сила землетрясения составляла 5-6 баллов. Очаг землетрясения располагался на

глубине 35 км, а его эпицентр находился на расстояние 22-37 км от этих населенных пунктов. Саманные и каменные здания получили значительные повреждения в виде сквозных трещин и проломов в стенах, обрушений внутренних стен, кирпичных печей и др. Часть строений была полностью разрушена.

Луговское землетрясение имело место 23 мая 2003 года [8-10]. Очаг землетрясения располагался на глубине 14 км в районе станции Луговая Жамбылской области. Магнитуда землетрясения составляла 5,4. Сила землетрясения в населенном пункте составила 7-8 баллов. Повреждено свыше 7 тыс. домов. Без жилья остались около 21 тыс. человек. Пострадало 29 человек, погибли трое.

В целом, сейсмоопасные зоны РК по площади занимают около 18% от общей площади страны. Количество людей, проживающих в этих зонах, составляет более 6 млн. человек. Причем в зоне с 9 бальной интенсивностью проживает более 1,7 млн. человек, в зоне с 8 бальной интенсивностью – более 1,1 млн. человек, а в зоне с 7 бальной интенсивностью – более 2,0 млн. человек [11].

Из представленного краткого обзора следует, что отрицательные последствия землетрясений огромны, и они представляют потенциальную угрозу для жизни людей и их имущества. Поэтому в сейсмоопасных зонах Жамбылской области, в том числе в г. Таразе, важно на системной и постоянной основе выполнять мероприятия по обеспечению сейсмической безопасности, как граждан, так и зданий и сооружений.

Материалы и методы исследований. Для разработки мероприятий по обеспечению сейсмической безопасности г. Тараза в качестве исходных материалов использована информация о сроках постройки существующих объектов, данные об их конструктивных и объемно-планировочных решениях, глубине залегания подземных вод, мощности рыхлых отложений площадок застройки и др.

В качестве метода общей оценки сейсмической уязвимости зданий и сооружений использован системный анализ их соответствия современным отечественным нормативным требованиям сейсмостойкости.

Результаты исследований. До 1971 года, т.е., до Джамбульского землетрясения, в соответствии с положениями СНиП II-А.12-69 «Строительство в сейсмических районах» [12] территория г. Тараза относилась к 7 бальной зоне по сейсмичности. С 1982 года, в соответствии с положениями СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» [13] территория города переведена в 8 бальную зону. С этого года по настоящее время в соответствии с положениями СП РК 2.03-30-2017* «Строительство в сейсмических зонах» [14] территория г. Тараза имеет сейсмическую интенсивность в 8 баллов. На некоторых участках города со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями сейсмичность площадок достигает до 9 баллов.

Обеспечение безопасности населения при землетрясениях требует, чтобы все здания и сооружения, в первую очередь жилые здания обладали необходимой сейсмостойкостью. Это означает, что эксплуатируемые и возводимые объекты нашего города должны выдерживать 8 бальное землетрясение без существенных повреждений и разрушений.

В настоящее время теоретически этому требованию соответствуют только те объекты, которые были построены после 1981 года с учетом 8 бальной сейсмичности территории города. К таковым, в частности, относятся

жилые многоэтажные дома (в том числе и крупнопанельные дома), возведенные на территориях 4-12 микрорайонов, а также жилые дома, возводимые в 13-15 микрорайонах.

Здания 4-7 микрорайонов эксплуатируются давно (более 25-40 лет), следовательно, соответствие их фактического эксплуатационного состояния проектной сейсмостойкости в 8 баллов, вызывает сомнение и нуждается в опытном подтверждении. Данное утверждение обосновано еще тем, что действующие СП РК 2.03-30-2017* «Строительство в сейсмических зонах», содержат в себе повышенные требования к обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений, чем предшествующие нормативные документы, действовавшие до его ввода в действие.

Достаточно сказать, что согласно этому документу здания и сооружения в сейсмоопасных зонах должны выдерживать в 1,8-2,5 раза больше сейсмической нагрузки, чем это было ранее. Следовательно, утверждать о том, что сейсмостойкость указанных объектов соответствует нормативным требованиям, вряд ли уместно, без проведения их детального технического обследования и выполнения сейсмических расчетов с учетом фактического состояния их конструкций, элементов и материалов.

Если же фактическая сейсмостойкость жилых домов 4-7 микрорайонов нуждается в детальной компетентной проверке, то недостаточная сейсмостойкость многоэтажных жилых домов, расположенных в центральной части города (построенных в конце 60-х годов), а также на территории 1, 2 и части 3 микрорайонов, не вызывает сомнений. Проектная сейсмостойкость этих зданий уже на период их возведения составляла 6-7 баллов, что на 1-2 балла ниже, нынешней сейсмичности территории города. Учитывая сроки и ненадлежащие условия эксплуатации (отсутствие капитального ремонта, затопление водой их подвальной части, самопроизвольная перепланировка квартир и др.) можно без преувеличения утверждать, что в существующем состоянии они вряд ли способны выдержать землетрясение силой в 7 баллов, не говоря уже о 8 бальном землетрясении.

Особую озабоченность вызывает сейсмостойкость 1-2 этажных жилых домов частного сектора города. Не секрет, что они находятся еще в худшем состоянии, чем объекты, указанные выше. По некоторым данным около 80% этих объектов являются сейсмоопасными. Это обусловлено, тем, что их подавляющее большинство построено без проектной документации, из разнородных материалов низкой прочности и качества (самана, шлакоблоков, пескоблоков, пеноблоков и др.), без учета каких-либо требований норм по сейсмостойкому строительству.

Обострение сейсмоопасной ситуации с жилыми зданиями, а также со школами, больницами и другими объектами жизнедеятельности, обусловлено тем, что в последние 15-20 лет в городе не проводились масштабные плановые работы по обследованию и усилению существующих объектов. В программе развития Жамбылской области на 2021-2025 годы, утвержденной решением областного маслихата №2-2 от 19.01.2020 года, предусмотрены работы по сейсмическому усилению некоторых объектов образования и здравоохранения. К тому же эти работы запланированы только в рамках капитального ремонта данных объектов. К сожалению, работы по научному исследованию зданий и сооружений на сейсмостойкость г. Тараза не включены в Комплексный план развития сейсмологической отрасли Республики Казахстан на 2024-2028 годы, утвержденый Постановлением Правительства РК №526 2.07.2024 года.

Касаясь жилья, однозначно, можно утверждать, что вопрос обеспечения их сейсмобезопасности – это вопрос, который должен решаться владельцами домов и собственниками квартир. Но мало кто из жильцов реально осознает, какую сейсмическую угрозу содержит в себе дом или квартира, в котором они проживают. К тому же вряд ли государство должно отказываться от решения этого актуального вопроса, так как при землетрясении все тяготы и расходы по восстановлению жилья в большей степени ложатся именно на государственный бюджет, о чем свидетельствует опыт ликвидаций Луговского и Зайсанского землетрясений в Казахстане [10]. Причем потери от подземных сейсмических толчков огромные, достаточно сказать, что экономический ущерб, нанесенный Луговским землетрясением, превысил 120 млн. долларов. Более того, следует заметить, что землетрясения, как уже отмечалось, опасны не только материальными потерями, но и тем, что несут в себе реальную угрозу жизни людям. Красноречивым свидетельством этому служат тяжелые последствия катастрофических землетрясений, произошедших в 2023 году в Турции и Сирии, где погибло 52 тыс. человек и было разрушено более 160 тыс. зданий.

Обсуждение результатов исследований. В создавшейся ситуации наиболее целесообразным и своевременным является разработка и реализация специальной программы обеспечения безопасности населения и жизненно важных объектов города Тараза при возможных землетрясениях. Данная программа должна быть рассчитана на 10-15 лет. В ней должно быть предусмотрено поэтапное обследование и усиление всех потенциально сейсмоопасных зданий и сооружений. На первом этапе нужно повысить сейсмостойкость жилых домов, а потом – объектов жизнеобеспечения – больниц, зданий и сооружений тепло-энерго-газо-водоснабжения и др. На следующем этапе очередь должна быть за объектами с массовым пребыванием людей (детских садов, школ, колледжей, училищ, вузов и др.) и т.д.

Данный программный документ, должен содержать в себе механизмы и пути привлечения средств собственников жилья для повышения собственной же безопасности и сохранения своего же имущества. В подготовке предлагаемой программы кроме специалистов строительного профиля должны принимать участие экономисты, юристы и представители других смежных отраслей. Возможно, в рамках реализации данной программы Акимату города (области) нужно будет выйти с предложением в правительство РК о введении в сейсмоопасных зонах Казахстана, в том числе в сейсмоопасных районах Жамбылской области обязательного страхования зданий (в том числе и жилья) и жизни граждан от землетрясений [15-17]. Страховой фонд этого обязательного вида страхования можно сосредоточить в регионах и использовать для повышения сейсмобезопасности населения и сейсмостойкости их недвижимого имущества.

Важнейшей составной частью рассматривамой программы должна служить цифровая карта территории города Тараза по степени сейсмоопасности зданий и сооружений при возможных землетрясениях. Кроме степени сейсмоопасности и ожидаемых объемов разрушений (повреждений) зданий и сооружений карта должна содержать в себе возможные пункты дислокации и оптимальные маршруты оперативной доставки техники, медикаментов, воды и пищи к наиболее разрушаемым объектам, а также безопасные пути эвакуации людей и вывоза (складирования, утилизации) разрушенных конструкций и элементов за

пределы города. На карте также должны быть указаны места развертывания санитарных пунктов, пунктов обогрева, питания и временного проживания людей. Данный цифровой продукт должен быть разработан на основе применения ИИ (искусственного интеллекта).

В целом в рамках разработки цифровой карты территории города Тараза по степени сейсмоопасности зданий и сооружений должны быть решены следующие задачи:

1) Выполнен системный анализ отечественных и зарубежных данных о требованиях и методах оценки сейсмической надежности эксплуатируемых зданий и сооружений, а также способов определения дефектов и износа их строительных конструкций и элементов;

2) Усовершенствована методика, структура и состав документационного обеспечения научно-практической оценки сейсмобезопасности зданий, их конструкций и элементов;

3) Создана, укомплектована и аккредитована испытательная лаборатория по инженерному обследованию и оценке сейсмической уязвимости зданий и сооружений;

4) Составлен список объектов жизнеобеспечения г. Тараза, подлежащих натурному исследованию, с предварительно установленными первоначальными техническими, эксплуатационными, конструктивными, объемно-планировочными и иными характеристиками и данными;

5) Проведены натурные исследования объектов с оценкой эксплуатационного состояния их конструкций и элементов, а также выполнена комплексная проверка их соответствия требованиям сейсмической безопасности;

6) Оценен материальный ущерб по каждому объекту в стоимостном выражении при возможных землетрясениях разной активности;

7) Создан электронный портал объектов жизнеобеспечения, содержащий базу комплексных качественных и цифровых данных об эксплуатационном состоянии и сейсмической уязвимости объектов;

8) Составлена цифровая карта объектов жизнедеятельности по степени их возможных разрушений при землетрясениях с применением ИИ, и проведены тестовые испытания ее функционирования;

9) Выполнено картографическое районирование территории г. Тараз по зонам локальных разрушений объектов различной степени;

10) Составлены и картографически визуализированы безопасные маршруты продвижения спасательных, пожарных, эвакуационных и санитарно-медицинских бригад к территориональным зонам с повышенной локализацией разрушений объектов;

11) Разработаны рекомендации по использованию цифровой карты в сфере архитектурно-градостроительной и строительной деятельности, гражданской защиты, чрезвычайных ситуаций, пожарной и экологической безопасности, а также в системе местных исполнительных органов.

Заключение. Осознавая важность, а главное, неизбежность обеспечения защиты населения и их имущества от землетрясений НАО «Таразский университет им. М.Х. Дулати», выступает инициатором разработки и представления в МНВО РК научно-технического задания (НТЗ): «Научно-практическая оценка сейсмической надежности объектов жизнедеятельности г. Тараза и разработка цифровой карты их возможных разрушений при землетрясениях с применением технологий ИИ». НТЗ предназначено для организации и проведения научных исследований в

рамках ПЦФ на 2026-2028 годы. К работам по реализации программы предусмотрено привлечение специалистов Южно-Казахстанского филиала АО «КазНИИСА», крупных проектных организаций, подразделений ЧС и других заинтересованных предприятий города и области.

Реализация программы обеспечит разработку и выполнение краткосрочных и долгосрочных планов технического обследования, сноса, ремонта, реконструкции и усиления сейсмоопасных объектов г. Тараза, внося тем самым существенный вклад в обеспечение безопасности граждан и объектов их жизнедеятельности.

Список литературы

1. Мукамбаев, А.С. 100 лет Кеминской катастрофе: новые данные об очаге [Текст] / А.С. Мукамбаев, Н.Н. Михайлова // Научно технический журнал / Вестник Национального ядерного центра РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2014. – Выпуск 1. – С.104-111.
2. Нурмагамбетов, А. Сейсмическая история Алматы [Текст] / А. Нурмагамбетов. – Алматы: Издательство «LEM», 1999. – 68 с.
3. Алма-Ата: Энциклопедия [Текст]. – Алма-Ата: Главная редакция Казахской советской энциклопедии, 1983. – 607 с.
4. Жунусов, Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений [Текст] / Т.Ж. Жунусов. – Алма-Ата: Издательство: «Рауан», 1990. – 270 с.
5. Нурмагамбетов, А. Верненская катастрофа 1887 года и современная сейсмическая обстановка г. Алматы [Текст] / А. Нурмагамбетов, А. Сыдыков // Труды КазНИИССА / Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2007. – Выпуск 22(32). – С. 45-52.
6. Жунусов, Т.Ж. Повреждения зданий и сооружений в Джамбуле при землетрясении 10 мая 1971 года [Текст] / Т.Ж. Жунусов, А.Т. Аубакиров, М.У. Ашимбаев, В.И. Буданов, Е.Т. Бучацкий. – Алма-Ата: Издательство «Казахстан», 1974. – 138 с.
7. Нурмагамбетов, А. Зайсанское землетрясение 14 июня 1990 г. [Текст] / А. Нурмагамбетов, А. Сыдыков, А.В. Тимуш, М.С. Хайдаров, А.А. Власов, Н.Н. Михайлова, М.М. Сабитов, А. Умирзакова, В.А. Галич // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М., 1996. – С.54-60.
8. Абаканов, Т.Д. Луговское землетрясение 22 мая 2003 года [Текст] / Т.Д. Абаканов, Н.Н. Михайлова, Т.Е. Нысанбаев, А.Н. Ли, Н.Н. Полешко, И.Л. Аристова, Н.В. Силачева, Н.А. Калмыкова // Землетрясения в Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск, 2009. – С.284-293.
9. Шокбаров, Е.М. Вопросы сейсмобезопасности жилых домов из саманной - сырцовой кладки и саманных блоков [Текст] / Е.М. Шокбаров // Сборник тезисов докладов международной конференции молодых специалистов / Современное сейсмостойкое строительство. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2004. – С.30-32.
10. Шокбаров, Е.М. Последствия Луговского землетрясения 23 мая 2003 года в Жамбылской области Республики Казахстан [Текст] / Е.М. Шокбаров // Труды КазНИИССА / Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2007. – Выпуск 22(32). – С. 157-160.
11. Ашимбаев, М.У. Прогноз ущерба от землетрясений на территории Республики Казахстан [Текст] / М.У. Ашимбаев, Т.Д. Лободрыга // Труды КазНИИССА / Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2006. – Выпуск 21(31). – С. 11-17.
12. СНиП II-А.12-69* . Строительство в сейсмических районах [Текст]. – М.: Стройиздат, 1977. – 54 с.
13. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах [Текст]. – М.: Стройиздат, 1981. - 44 с.

14. СП РК 2.03-30-2017*. Строительство в сейсмических зонах [Текст]. – Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию РК, 2018. – 235 с.
15. Исакова, Д.И. Экономические аспекты последствий землетрясений: материальный ущерб и страхование имущества [Текст] / Д.И. Исакова // Сборник тезисов докладов международной конференции молодых специалистов / Современное сейсмостойкое строительство. – Алматы: КазНИИССА, 2006. – С.168-170.
16. Исакова, Д.И. Финансовые аспекты страхования имущества и оценка ущерба при землетрясениях [Текст] / Д.И. Исакова // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых / Жас галым – 2009. – Тараз: ТарГПИ, 2009. – Том 2. – С.224-228.
17. Саимбетова, Б.Т. Обязательное страхование в Казахстане: состояние и тенденции развития [Текст] / Б.Т. Саимбетова, Д.И. Исакова. – Тараз: Издательство «Тараз университеті», 2011. – 109 с.

Материал поступил в редакцию 04.02.25, принят 20.03.25.

И.И. Бекбасаров[1], Е.И. Атенов[1], Н.А. Шаншабаев[1]

[1,2,3]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

ТАРАЗ ҚАЛАСЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. 1887-2003 жылдары ҚР Алматы, Шығыс Қазақстан және Жамбыл облыстарының аумағында болған кейбір ірі жер сілкіністері туралы деректерге қысқаша талдау жасалды. Осы қауіпті табиғи құбылыстардың көрінісі нәтижесінде пайда болған жағымсыз салдарлар сипатталған. Материалдық залал және адам шығынының саны көрсетілген. Әр жылдардағы отандық құрылыс нормативтік құжаттарының талаптары негізінде Тараз қаласының тіршілікті қамтамасыз ету объектілеріне сейсмикалық төзімділікке баға берілді. Тараз қаласының азаматтарының, ғимараттары мен құрылыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған ауқымды және жоспарлы жұмыстардың болмауы көрсетілген. Жер сілкінісі кезінде қала халқының және оның маңызды объектілерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі ұзақ мерзімді бағдарламаны әзірлеу және іске асыру ұсынылды. Осы бағдарлама жұмысының ажырамас бөлігі ретінде Тараз қаласының тіршілік ету нысандарының ЖИ (жасанды интеллект) қолдану арқылы жер сілкінісі кезінде олардың ықтимал қирау дәрежесі бойынша цифрлық картасын жасауды қарастыру ұсынылды. Ұсынылған цифрлық картаны әзірлеу шеңберінде шешілетін негізгі міндеттер қарастырылады. Бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру (БНҚ) аясында цифрлық картаны әзірлеуге арналған ғылыми-техникалық тапсырма ҚР ҒЖБМ ұсынылған.

Тірек сөздер: ғимарат, жер сілкінісі, қирау, зақымдану, жер сілкінісі қауіпсіздігі, жер сілкінісіне төзімділік, сандық карта, жасанды интеллект.

I.I. Bekbasarov[1], Y.I. Atenov[1], N.A. Shanshabaev[1]

[2]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

ON ENSURING SEISMIC SAFETY IN THE CITY OF TARAZ

Abstract. The article provides a brief analysis of data on some major earthquakes that occurred in the Almaty, East Kazakhstan and Zhambyl regions of the Republic of Kazakhstan in 1887-2003. The negative consequences that occurred as a result of these dangerous natural phenomena are described. The material damage and the number of

casualties are indicated. Based on the requirements of domestic construction regulations of different years, an assessment of the seismic resistance of life support facilities in Taraz is given. The absence of large-scale and planned work aimed at ensuring the safety of citizens, buildings and structures in Taraz is indicated. The development and implementation of a long-term program to ensure the safety of the city's population and its most important facilities during earthquakes is proposed. As an integral part of the work of this program, it is proposed to consider the compilation of a digital map of life support facilities in Taraz according to the degree of their possible destruction during earthquakes using AI (artificial intelligence). The main tasks to be solved within the framework of the development of the proposed digital map are considered. The scientific and technical assignment for the development of a digital map within the framework of program-targeted financing (PTF) was submitted to the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: building, earthquake, destruction, damage, seismic safety, seismic resistance, digital map, artificial intelligence.

References

1. Mukambaev A.S., Mikhailova N.N. 100 let Keminskoy katastrofe: novyye dannyye ob ochage [100 years of the Kemin disaster: new data on the source] // Scientific and technical journal / Bulletin of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan. – Kurchatov: NNC RK, 2014. – Issue 1. – P.104-111. [in Russian].
2. Nurmagambetov A. Seysmicheskaya istoriya Almaty [Seismic history of Almaty]. – Almaty: LEM Publishing House, 1999. – 68 p. [in Russian].
3. Alma-Ata: Entsiklopediya [Alma-Ata: Encyclopedia]. – Alma-Ata: Main editorial office of the Kazakh Soviet Encyclopedia, 1983. – 607 p. [in Russian].
4. Zhunusov T.Zh. Osnovy seysmostoykosti sooruzheniy [Fundamentals of seismic resistance of structures]. - Alma-Ata: Publisher: "Rauan", 1990. - 270 p. [in Russian].
5. Nurmagambetov A., Sydykov A. Vernenskaya katastrofa 1887 goda i sovremennaya seysmicheskaya obstanovka g. Almaty [Vernoye catastrophe of 1887 and modern seismic situation of Almaty] // Works of KazNIISSA / Studies of seismic resistance of structures and constructions. - Almaty: TOO "LEM Publishing House", 2007. - Issue 22 (32). - P. 45-52. [in Russian].
6. Zhunusov T.Zh., Aubakirov A.T., Ashimbayev M.U., Budanov V.I., Buchatsky E.T. Povrezhdeniya zdaniy i sooruzheniy v Dzhambule pri zemletryasenii 10 maya 1971 goda [Damage to buildings and structures in Dzhambul during the earthquake of May 10, 1971]. – Alma-Ata: Publishing House “Kazakhstan”, 1974. – 138 p. [in Russian].
7. Nurmagambetov A., Sydykov A., Timush A.V., Khaidarov M.S., Vlasov A.A., Mikhailova N.N., Sabitov M.M., Umirzakova A., Galich V.A. Zaysanskoye zemletryaseniye 14 iyunya 1990 g. [Zaysan earthquake of June 14, 1990] // Earthquakes in the USSR in 1990. – M., 1996. – P.54-60. [in Russian].
8. Abakanov T.D., Mikhailova N.N., Nysanbaev T.E., Li A.N., Poleshko N.N., Aristova I.L., Silacheva N.V., Kalmykova N.A. Lugovskoye zemletryaseniye 22 maya 2003 goda [Lugovskoye earthquake of May 22, 2003] // Earthquakes in Northern Eurasia in 2003. - Obninsk, 2009. - P.284-293. [in Russian].
9. Shokbarov E.M. Voprosy seysmobezopasnosti zhilykh domov iz samannoy - syrtsovoy kladki i samannykh blokov [Seismic safety issues of residential buildings made of adobe - mud brick masonry and adobe blocks] // Collection of abstracts of reports of the international conference of young specialists / Modern earthquake-resistant construction. - Almaty: TOO "LEM Publishing House", 2004. - P.30-32. [in Russian].
10. Shokbarov E.M. Posledstviya Lugovskogo zemletryaseniya 23 maya 2003 goda v Zhambylskoy oblasti Respubliki Kazakhstan [Consequences of the Lugovskoy

earthquake on May 23, 2003 in the Zhambyl region of the Republic of Kazakhstan] // Proceedings of KazNIISSA / Studies of seismic resistance of structures and constructions. - Almaty: TOO "LEM Publishing House", 2007. - Issue 22 (32). - P. 157-160. [in Russian].

11. Ashimbayev M.U., Lobodryga T.D. Prognoz ushcherba ot zemletryaseniy na territorii Respubliki Kazakhstan [Forecast of damage from earthquakes in the territory of the Republic of Kazakhstan] // Proceedings of KazNIISSA / Studies of seismic resistance of structures and constructions. - Almaty: TOO "LEM Publishing House", 2006. - Issue 21 (31). - P. 11-17. [in Russian].
12. SNiP II-A.12-69* Stroitel'stvo v seysmicheskikh rayonakh [Construction in seismic areas]. - M .: Stroyizdat, 1977. - 54 p. [in Russian].
13. SNiP II-7-81 Stroitel'stvo v seysmicheskikh rayonakh [Construction in seismic areas]. - M .: Stroyizdat, 1981. - 44 p. [in Russian].
14. SP RK 2.03-30-2017 * Stroitel'stvo v seysmicheskikh zonakh [Construction in seismic zones]. - Astana: Committee for Construction, Housing and Communal Services of the Ministry of Investment and Development of the Republic of Kazakhstan, 2018. - 235 p. [in Russian].
15. Isakova, D.I. Ekonomicheskiye aspekty posledstviy zemletryaseniy: material'nyy ushcherb i strakhovaniye imushchestva [Economic aspects of earthquake consequences: material damage and property insurance] // Collection of abstracts of reports of the international conference of young specialists / Modern earthquake-resistant construction. - Almaty: KazNIISSA, 2006. - P.168-170. [in Russian].
16. Isakova D.I. Finansovyye aspekty strakhovaniya imushchestva i otsenka ushcherba pri zemletryaseniyakh [Financial aspects of property insurance and damage assessment during earthquakes] // Materials of the international scientific and practical conference of young scientists / Zhas galym - 2009. - Taraz: TarGPI, 2009. - Vol. 2. - P.224-228. [in Russian].
17. Saimbetova B.T., Isakova D.I. Obyazatel'noye strakhovaniye v Kazakhstane: sostoyaniye i tendentsii razvitiya [Compulsory insurance in Kazakhstan: status and development trends] / B.T. Saimbetova,. - Taraz: Publishing house "Taraz University", 2011. - 109 p. [in Russian].

IRSTI 61.59.37

A. Azimov[1] – *main author*,
A.A. Bolysbek[2], **G.M. Iztleuov**[3], **Sh.D. Shirinov**[4]

[1]*PhD, Associate Professor,*
[2]*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
[3]*Candidate of Technical Sciences, Professor,*
[4]*Doctor of Technical Sciences, Professor*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-1316-5854* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8708-2608*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-5722-342X* [4]*https://orcid.org/0000-0002-3592-9763*

[1,2,3]*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*
[4]*Tashkent Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan*

@ [3]*gani5@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/OQFC2076

STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF HIGH-SWELLING POLYMER HYDROGELS (HSPH)

Abstract. One of the ways of water management in agriculture is the use of highly swelling polymer hydrogels (HSPH). New hydrogels based on ech, ammonia and gipan were produced. An upward change in the amount of cross-linking agent in the gel, in our case from 0.1 to 9%, also affects the increase in cross-linking of the main chains of acrylic acid and, as a consequence, a decrease in sorption. Sorption is explained not only by gel-ion ion exchange, but also by complex formation between the polymer structure and the ions of these metals, or electrostatic interaction. During the study, it was found that the size of the polymer grain has a noticeable effect on the static exchange capacity. As the polymer grain decreases, the static capacity increases. The influence of factors (temperature, concentration, etc.) on the degree of swelling of hydrogel has been studied. As a result of systematic studies of the produced polymers, further directions for research of the developed complex structural polymers are shown. The proposed field of application: agriculture, metallurgical industry, medicine, cosmetology, household chemistry.

Keywords: hydrogel, epichlorohydrin, ammonia, hydrolyzed polyacrylic nitrile, swelling, polymers.

Azimov A., Bolysbek A.A., Iztleuov G.M., Shirinov Sh.D. Study of chemical technology for the production of High-Swelling Polymer Hydrogels (HSPH) //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.241-250. https://doi.org/10.55956/OQFC2076

Introduction. Hydrogels, as a three-dimensional cross-linked polymer, have a unique structure and are particularly responsive in response to internal and external stimuli. As a result, they have high hopes for drug discovery, cell therapy, and human tissue engineering. The properties of hydrogels are used for long-term treatment of the intraocular surface as medicines [1].

The studies describe the preparation of gel-like products from a solution of chitosan with silver nitrate. At high chitosan concentrations, continuous chitosan-silver hydrogels can be formed. At lower concentrations, nano- and micro-hydrogels are obtained. Sol-gel assays were performed to characterize the swelling properties of the hydrogels. In addition, mechanical testing of the hydrogels was

carried out, with inductively coupled plasma optical emission spectroscopy to measure the silver 40 concentration, scanning electron microscopy to study the morphology of the products, dynamic light scattering and UV spectrophotometry to study the products formed at low concentrations of chitosan. Some hydrogels have been used to modify cotton fabric to impart antimicrobial properties. The resulting products acted against *E. coli subtilis* [2-4].

An experiment was conducted to evaluate the effect of hydrogel polymer levels (0, 10, 20, 30 g/m^2) and NO_3: NH_4 ratios (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0) on the yield of dill seeds and its main components. The results showed that when using 30 g/m^2 hydrogel polymer with O_3^-: 25 NH_4^+ ratio, maximum seed yield was obtained and the same plus - 100NO_3: 0NH_4^+ led to significant maximum oil productivity. GC-MS analysis showed that the main components of dill seed oil are limonene and α-phellandrene. The interactive effects of the simultaneous use of hydrogel polymer and NO^{3-}:NH_4^+ showed the interaction of the superabsorbent polymer with reduced components such as alpha-terpinene, limonene, dillapiol and trans-carvone, while its addition to compounds such as alpha-phellandrene, pcumene , carvone and transdihydrocarvone received a negative effect. In most cases,applying nitrate above 50% and adding ammonium had a positive effect on the compounds [5,6].

Various polymers with ultra-high absorption capacity were synthesized by radical copolymerization at 70°C using acrylic acid, potassium acrylate, N isopropyl acrylamide and sulfopropyl potassium methacrylate as monomers, bis methacryloyloxy ethyl phosphate as a crosslinking agent and potassium persulfate as an initiator. Optimization of the synthesis led to the preparation of a superabsorbent with a very high water absorption capacity, with a maximum swelling of 2618 g water/g dry hydrogel. The most promising superabsorbent was fully investigated and the absorption capabilities at different pH and ionic strength were studied. When superabsorbent was mixed with soil, the mixture was able to lose water more slowly. In addition, this material showed high good ability using urea as a fertilizer model. Due to these advantageous properties, the synthesized SAP can be used in agriculture [7].

The purpose of the study conducted controlled experiments is to introduce insulin into the production of smart hydrogels for the use of insulin for the human body. Insulin entrapped (HEMA-co-Eudragit L-100) hydrogels containing different ratios of 2-hydroxyethyl methacrylate and Eudragit L-100 were synthesized using ammonium persulfate as an initiator and ethylene glycol dimethacrylate as a cross-linker. New alternative methods for preparing such isulin hydrogels have been developed. The Taguchi method was used and the optimal synthesis conditions were determined. The resulting hydrogels were studied by Fourier transform infrared spectroscopy and scanning electron microscope analysis [8].

A new cross-linked hydrogel was prepared from sodium carboxymethyl cellulose and hydroxyethyl cellulose using ammonium persulfate as an initiator and methylene bis as a cross-linking agent to obtain drugs. The release of bovine serum albumin from drug hydrogels loaded under different pH conditions was studied to simulate gastrointestinal diseases. The amount of bovine serum albumin from the hydrogels at pH 1.2 was relatively low (17.8%), while 85.2% was obtained at pH 7.4. According to the results, the CMC – carboxymethylcellulose hydrogel has good potential for use in controlled release oral drug administration [9].

The aim of the study is:

– study and establishment of the structure of the compounds produced, determination of physico-chemical properties of polymers (swelling);

– creation and application of new highly swelling hydrogels for water conservation.

Materials and methods. *Materials. ECH -Epichlorohydrin* (3-chloro-1,2-epoxypropane) – before use, the fraction with a boiling point of 389.1 K and a melting point of 330 K was distilled and selected; molecular weight 92.53,d480 = 1, 181; n1320 = 1, 4381; solubility in water 6.55%, soluble in organic solvents; CPV 2.3-49.0% tvsp= 299 K, auto-ignition temperature 683 K. Application: in the production of epoxy resins, glycerin; vulcanizing agent ethylene propylene, rubber; solvent for cellulose ethers. MPC-1 mg/m^3. World production is 400 thousand tons/year.

GIPAN-Hydrolyzed polyacrylic nitrile – is a viscous dark yellowish liquid of 8-10% concentration with a density of 1.05-1.07 g/cm', pH = 12 or more, or a yellowish, cream or pink powder with a moisture content of 10%, which can be used in commercial form or in the form of a solution of 10% concentration with p = 1.05 g/cm'. GIPAN, like other acrylic polymers, forms strong polymer clay structures with clay particles due to chelate bonds and polymer membranes that partially prevent hydration of rocks

Method for studying the degree of water absorption. The water absorption capacity of hydrogels was studied in distilled water at room temperature. The hydrogel was taken from the water after it had swelled. The water absorption capacity of the hydrogel (Q_{H2O}) was determined using the equation [10,11]:

$$Q_{H2O} = (m_2-m_1)/m_1 \quad (1)$$

Here m_1 and m_2 are the weight of the hydrogel in the dry and swollen state [12].

Starch $(C_6H_{10}O_5)n$ – used corn starch of «Golden Corn» Tashkent starch plant, solid, white powder, molar mass: 162.141* n g/mol, dense: 1.5g/cm^3.

The degree of swelling is determined by the mass of liquid absorbed per unit mass of a substance at a given stage of swelling at a given temperature:

$$a=(m_2-m_1)/m_1 \quad (2)$$

where m_2, m_1 is the mass of the substance before and after swelling, respectively.

Swelling characteristics are similar to sorption characteristics. The main one is the swelling isotherm, which shows the dependence of the degree of swelling on the thermodynamic activity of the solvent (on its vapor pressure) at a given temperature.

Method IR spectroscopy. IR spectroscopy is a branch of spectroscopy, including the acquisition, study and application of emission, absorption and reflection spectra in the infrared region of the spectrum. IR spectra (SHIMADZU IRAFFINITI device, Japan) were taken from films of composite samples with a thickness of about 12 μm. The IR spectrum of the highly swelling hydrogel shows absorption bands corresponding to functional groups attached to the monomer units [13-15].

Research results and discussions. An important direction in the creation of hydrogels is the stitching of the hydrolyzed fibre product «nitron» in the presence of suturing agents. Up to 95-99% of the polymer can be sutured and the sutured polymer can swell, absorbing water 20-100 g/ml (Fig. 1). After drying the cross-linked polymer, the resulting glass-like mass is crushed to the powder state with the required particle size. GYPAN-based Hydrogel Swelling Kinetics with Ethylene

Glycol is showed in Figure 2. PAN macromolecules always contain ionized links of acrylic acid, and therefore the swelling of hydrogels based on it also depends on the ion force of the surrounding solution. The most important properties of hydrogels that determine their suitability as soil moisture absorbers are swelling, depending on the hydrogel structure and external conditions. Given the polyelectrolytic nature of most hydrogels, their structure should be characterized by the thermodynamic parameter of the polymer-water interaction, the density of mesh units, the proportion of ionogenic groups and the degree of their dissociation. The swelling process was experimentally investigated using methods, the optical measurement of the geometric dimensions of the visualized specimens of regular shape (cylinders, spheres), and the automatic recording of the volume of liquid remaining after absorption by the sample. Physicochemical tests of the synthesized polymers were carried out at various stages of polymerization.

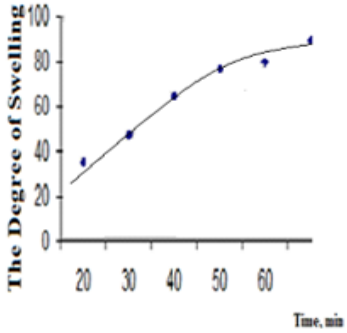


Fig. 1. Hydrogel swelling kinetics based on GYPAN with urea

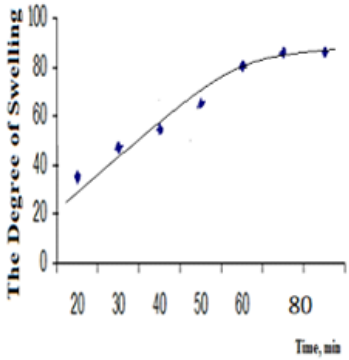


Fig. 2. GYPAN based Hydrogel swelling kinetics with Ethylene Glycol

The composition and structure of the synthesized products were studied using IR spectra using a spectrophotometer. In this way, the reaction products were studied at the initial stage of polymerization, then, at certain time intervals, the synthesis product was studied at the final stage upon completion of the process. Samples were examined according to standard method mentioned above. As a result of studying samples by IR spectroscopy, the following characteristics were obtained (Fig. 3). In the spectra taken immediately after mixing the components, it is observed the following picture: the region of absorption bands 2980-3000 and 1270 cm'1 includes $CH\text{-}CH_2$ groups of the epoxy ring and stretching vibrations of the ECH group. In the spectra of oligomeric reaction intermediates, a change in the shape of the peaks in the region of 1400-1490 and 2700-2800 cm^{-1} is detected, as shown, this relates to the vibrations of the CH groups of epichlohydrin and the groups of HIPAN. It follows that as a result of the polymerization reaction, first a dimer is formed, then an oligomer and then a polymer.

As can be seen from the spectra, the change in the intensity of absorption bands in theseareasindicates that there is a gradual reaction and opening of the ECH ring with HIPAN and the formation of quaternary ammonium salts due to the ionization of the amino groups of the nitrogen atom and interaction with the halogen. However, it should be noted that the nature of the changes in the X-ray and PMR spectra at the initial stages of polymerization indicates the presence in the system linear products and elementary links of the original components, since there is identity of the element-forming links. They can be distinguished only by

their elemental composition and the number of active functional groups in structures of varying complexity (linear, branched, dimeric) can be determined, i.e. the content of chlorine ions will always be much lower, due to the presence of end groups that have not reacted with ECH. In the case of the formation of cross-linked structures, the calculations coincide with those practically found. Based on this, it was established that the epoxy cycle opens with the formation of a hydrophilic group, which simultaneously contains highly active amino groups and a mobile halogen (chlorine) atom, which subsequently leads to the formation of cationic polycomplexes of a linear structure [10-12].

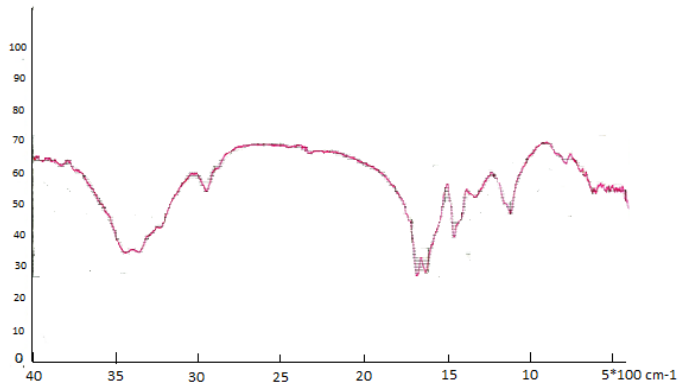


Fig. 3. IR spectra of the reaction products of HIPAN with ECH

Absorption bands in the region of 950, 866, 740 cm^{-1} refer to symmetric and asymmetric bending vibrations characterizing the epoxy cycle, and stretching vibrations of amino groups NH, NH2- in the region of 2820-2920 cm^{-1} are absent in the spectra of the resulting polymer. Thus, an intense absorption band in the region of 1270 cm^{-1} characterizing the CH_2-CI bond indicates that the synthesis reaction is accompanied by ring opening and interaction of the halogen with the amino group, and this absorption band is visible in the region of 1580 cm^{-1}. In addition, an absorption band appears in the spectrum in the region of 1580 cm^{-1} and then a band appears in the spectrum related to the associated OH group and the quaternary group 3090-3400 cm^{-1}. The obtained spectral analysis data provide ground sassume that the polymer has the following structure as shown above.

Considering the IR spectra of the studied diamine compounds with different structure, it can be noted that skeletal vibrations of the -CN bond give absorption maxima in the same regions of 1150-1030 cm^{-1}, and they are preserved in the spectra of the resulting polymers. Absorption bands in the region of 2950-2800 cm^{-1} belong to stretching vibrations characterizing the NH2-CH2- group. It should be noted that in the spectra of the starting amine an intense absorption band appears in the region of 3100-3500 cm^{-1}, and in the spectra the broad bands of amine and hydroxyl groups coincide. IR spectroscopy makes it possible to explain the process of the appearance of new absorption bands depending on the duration of polymer synthesis [13,14].

The composition of the polymer product during the interaction of ECH with HIPAN was also studied using IR spectroscopy. The rate of chemical activation is:

$$Wp = Kr[A]\ [\ ECH] = -d[n]\ /dt \qquad (3)$$

Rate of dimer...oligomer formation:

$$Wn = Kn\{d[A]/dt\}=Kn[M] \quad (4)$$

where, [A] and [M] are the molar concentration of active centers and monomer salt. Chain growth occurs as a result of the addition of a dimer, oligomer, etc.

The cessation of chain growth occurs, in all likelihood, due to a violation of the stoichiometry of the reacting active centers, and, asconsequence, the formation of non-functional centers at the ends of the growing chain.

A study of the influence of the nature of amino compounds on spontaneous polymerization showed that the highest rate of polymerization is achieved when using primary amines. It is assumed that here, apparently, there is a high rate of proton transfer from the ECH nitrogen atom with the formation of a complex containing activated groups, which subsequently participate in chain growth and, accordingly, polymerization. As established, with increasing basicity of amino compounds, the initial period of activation of monomersincreases from Ammonia to HIPAN i.e. from 9.21 to 9.5.

Studies have been carried out on the formation reactions of new water-soluble and water-insoluble polymer products when epichlorohydrin reacts with various amine compounds, in particular with ammonia and hexamethylenediamine. Since these monomeric compounds contain several epoxy- and chlorine-functional groups, their interaction with amines results in polymers with predictable properties, such as (cationic activity, anionic activity, amphotericity). For this reason, the chemical behavior of these compounds is determined by the reaction activities of the molecules, as well as directly by the conditions of the polymerization reaction. During the polymerization reaction, compounds of various structures are formed, both water-soluble and non-water-soluble and with a three-dimensional structure. As noted in the literature review, there is ungeneralized data on these compounds and there remain parameters for their further study, namely their solubility, swelling, and their performance as ion exchange resins in a dissolved state. Therefore, studying the process of obtaining these polymers, their nature, structure and mechanism is of particular scientific interest.

As is known, the presence of epoxy groups, halogens and amine compounds in the starting products will allow interaction with each other with the formation of viscous products, highly viscous substances and resinous high-molecular compounds with different solubilities.

When epichlorohydrin interacts with HIPAN, as well as ammonia, water-soluble oligomers, polymers, and non-water-soluble polymers of a network structure with valuable physical properties are obtained.chemical, physical and mechanical properties, which are widely used in various industries (chemical, textile, metallurgical, pharmaceutical), as well as in agriculture.

In this regard, the study of these products is of certain scientific and practical interest. To develop optimal conditions for the technology for producing polymers based on epichlorohydrin with HIPAN, comprehensive studies were carried out depending on the polymerization conditions. It is known that the reactivity of amine compounds depends on the nature of the activity, and the strongest bases are aliphatic amines in comparison with ammonia, in addition, in fact, the chemical activity of amine compounds depends on their donor-acceptor properties, where their activity as bases is manifested [15-17]:

$$N: +H+ \quad >N+ -H \quad (5)$$

When ECH interacts with HIPAN, this ammonium base leads to the formation of an ammonium salt. As a result of the reaction, a quaternary salt is formed, which occurs through the donor-acceptor interaction of a free electron pair of a nitrogen atom with an electrophilic agent. Consequently, the introduction of functionally active groups (halogen compounds) as a substituent leads to a decrease in the activebasicity of the amino compound.

*Efficiency and ways of using hydrogels.*The data presented, as well as the extensive literature available, indicate the possibility of increasing the moisture capacity of light soils and sands by adding hydrogel additives.

The importance of these additives in the water balance of soils apparently lies in partial transfer of moisture from the gravitational drain to the state accumulated by the gel, since in thermodynamic terms the moisture in the hydrogel is closer to capillary. Otherwise, we can say that hydrogels transform large, easily drained pores into moisture-retaining ones. This an apparent redistribution was indeed detected. Thus, adding 0.1-0.5% hydrogel to sand reduces the proportion of drainable pores from 89.4 up to 49.6%, increasing the moisture-retaining content from 3.5 to 23.9%. In accordance with this, moisture utilization coefficients increase from 0.021 to 0.085 and transpiration ratios decrease from 4.9 104 to 1.2 104 [17].

The biological effect of adding hydrogels in a number of cases was found when such small doses (up to 0.001%) when the effect of the drug on physical the characteristics of the substrate are not yet apparent. A natural question arises, to which there is no answer yet: how effective is it to use hydrogels as moisture-retaining agents? Let us outline ways to evaluate the effectiveness of hydrogels. The differential (instantaneous) increase in useful moisture dw when adding hydrogel at a dose of D (both values in %) will be:

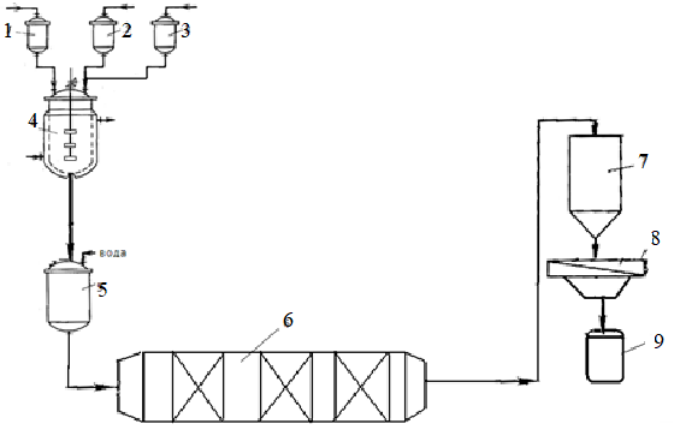
$$Dw = w \cdot Q \cdot D \qquad (6)$$

where w is the swelling of the hydrogel in the soil, and Q is the coefficient of moisture availability, close to unity (w and Q are dimensionless).

Obviously, the most important task is to achieve sufficiently high swelling of hydrogels directly in the soil. In addition to physico-chemical reasons, for example, destruction of the gel under the influence of swelling pressure at the beginning of the cycle, this factor will depend on the climatic and microbiological stability of the hydrogel, as well as its migration from the layer with streams of moisture. All these problems are currently unclear and await the attention of specialists.

Thus, the use of hydrogels is promising in the agrotechnical complex and land reclamation, although additional, serious research and development. Several social and environmental aspects of the use of hydrogels need to be taken into account. The possibilities of providing crop production to cities and towns in the arid zone and expressly solving the most pressing problems of this type must be deeply analyzed.

The technological process for producing hydrogel is carried out in a batchwise manner (Fig. 6). In accordance with the above diagram, the required amount of HIPAN, a cross-linking agent and water enters the reactor with a frame mixing device 4 (by gravity) from collectors 1-3 equipped with a dosing device. Then the recipe amount of initiator weighed on the scales is added. Mixing in the reactor is carried out at 70 0 C for 3 hours. Then the reaction mass enters a Werner-Pfleifer type mixer. The solution loading volume is 1/2 of the reactor volume. The mixer is heated by a tubular electric heater.



1,2,3 – collections of source materials; 4 – reactor; 5 – container for washing (or Nutsch filter); 6 – heater; 7 – crusher; 8 - vibrating sieve; 9 – packaging.

Fig. 6. Scheme of the technology for producing a hydrogel based on HIPAN

The temperature in the reactor, during the gelation process, is maintained at 70°C. The gelation process continues for 3 hours, after which the resulting hydrogel is unloaded into the tray by tilting the mixer using a special mechanism equipped with an individual drive. The washed hydrogel is unloaded into a tray and transferred for drying to a heating circulation dryer 6 type SP 32. At a temperature of 50°C, the hydrogel is dried for 24 hours to a residual moisture content of 0.2%. The dried hydrogel is fed into crusher 7 for grinding, and then to vibrating sieve 8 for separation into fractions. The resulting finished hydrogel is weighed on scales 9 and supplied for packaging in plastic containers. The technological process for producing hydrogel is s show great promise for applications in agriculture and land reclamation, though they still require extensive further research and development. Their use must also consider various social and environmental implications. A thorough analysis is needed to explore their potential in supplying crops to urban and rural areas in arid zones, as well as addressing the most critical challenges in this field.

Conclusion. An upward change in the amount of cross-linking agent in the gel, in our case from 0.1 to 9%, also affects the increase in cross-linking of the main chains of acrylic acid and, as a consequence, a decrease in sorption. Sorption is explained not only by gel-ion ion exchange, but also by complex formation between the polymer structure and the ions of these metals, or electrostatic interaction. During the study, it was found that the size of the polymer grain has a noticeable effect on the static exchange capacity. As the polymer grain decreases, the static capacity increases. In synthesis, as a result of the formation of the structure of mesh polymers, the main method is polymerization, since it determines the size of the net of the resulting hydrogel, and regulates the length of the chain, having a decisive influence on the properties of the polymer. The resulting hydrogel has bactericidal properties. The resulting materials are environmentally friendly, can be used in agriculture. The influence of factors (temperature, concentration, etc.) on the degree of swelling of hydrogel has been studied. As a result of systematic studies of the produced polymers, further directions for research of the developed complex structural polymers are shown. The proposed field of application: agriculture, metallurgical industry, medicine, cosmetology, household chemistry.

References

1. Karthe D. et al. Water in Central Asia: an integrated assessment for science-based management //Environmental Earth Sciences. – 2017. – Vol. 76. – P. 1-15.
2. Satayev M. et al. Modeling the Structure and Diffusion of Porous Layers //Water. – 2024. – Vol. 16. – No. 1. – P. 172.
3. Smailov B. M. et al. Multifunctional sorbents based on refractory clays for chemical industry wastewater treatment //Rasayan J. Chem. – 2022. – Vol. 15. – No. 2. – P. 1085-1090.
4. Abbazov I. et al. Theoretical Researching of Particle Movement in Cleaning Zone of Dust-Arrester //Polish Journal of Environmental Studies. – 2023. – Vol. 32. – No. 4.
5. Xie X., Liu Q. Development and physicochemical characterization of new resistant citrate starch from different corn starches //Starch-Stärke. – 2004. – Vol. 56. – No. 8. – P. 364-370.
6. Omirova R. Z. H. et al. Development of complex fertilizer technology with improved agrochemical properties using hydrogel //Rasayan Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 13. – No. 1. – P. 733-738.
7. Omirova R. Z. et al. Synthesis and research of polymer hydrogels on the basis of hydrolysed polyacrylonitrile and epichlorhydrin //Rasayan Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12. – No. 4. – P. 2047-2051.
8. Song X., Chen F., Liu S. A lignin-containing hemicellulose-based hydrogel and its adsorption behavior //BioResources. – 2016. – Vol. 11. – No. 3. – P. 6378-6392.
9. Włodarczyk-Biegun M. K. et al. Fibrous hydrogels for cell encapsulation: a modular and supramolecular approach //PLoS One. – 2016. – Vol. 11. – No. 5. – P. e0155625.
10. Fathi M. et al. Hydrogels for ocular drug delivery and tissue engineering //BioImpacts: BI. – 2015. – Vol. 5. – No. 4. – P. 159.
11. Kozicki M. et al. Hydrogels made from chitosan and silver nitrate //Carbohydrate polymers. – 2016. – Vol. 140. – P. 74-87.
12. Shekofteh H., Salari N. Influence of hydrogel polymer and NO3-: NH4+ ratios on dill (Anethum graveolens L.) seed essential oil composition and yield //Desert. – 2016. – Vol. 21. – No. 1. – P. 91-101.
13. Navarra Maria Assunta, Dal Bosco, Chiara, Moreno, Judith Serra, Vitucci Francesco Maria, Paolone Annalisa, Panero Stefania Synthesis and Characterization of Cellulose-Based Hydrogels to Be Used as Gel Electrolytes// Membranes. – 2015. – Vol. 5. – Issue 4. – P. 810-823.
14. Gonçalves A.A. L. et al. Synthesis and characterization of high performance superabsorbent hydrogels using bis [2-(methacryloyloxy) ethyl] phosphate as crosslinker //Express Polymer Letters. – 2016. – Vol. 10. – No. 3. – P. 248.
15. Ozgunduz H.I. et al. Production and Optimization Method of Smart Hydrogels Based on Biocompatible Polymer for Controlled Insulin Release //Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences. – 2016. – Vol. 34. – No. 1. – P. 115-122.
16. Shirinov Sh.D., Jalilov A.T., Shirinova O.D. Gellarning turlari va ularning uziga hos hususiyatlari // Analyst kimyo fanining dolzarb muammolari. V-Republic of ilmiy-amaliy anzhumani. Ilmiy makolalari warm. – Termiz: Termiz Davlat University, 2017.
17. Shirinov Sh.D., Jalilov A.T., Shirinova O.D. Hydrogellardan foidalanib oil qazib chikarishda, oil kuduklaridagi samaradorlikning uzgarishi // Analyst kimyo fanining dolzarb muammolari. V-Republic of Ilmiy. Amaliy Anzhumani. Ilmiy makolalari warm. – Termiz: Termiz Davlat University, 2017.

The research work was carried out based on project No. 414-PCF-23-25 dated November 15, 2023, subject: BR21882218 "Development and implementation of new highly efficient moisture- and resource-saving technologies that increase crop yields and modernize the agro-industrial complex" financed by Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Received: 22 July 2024
Accepted: 6 March 2025

А. Азимов[1], А.А. Болысбек[1], Г.М. Изтлеуов[1], Ш.Д. Ширинов[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүтсік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Казахстан
[2]Ташкент химиялық технология ғылыми-зерттеу институты,
Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

ТЕЗ ІСІНЕТІН ПОЛИМЕР-ГИДРОГЕЛЬДЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ауыл шаруашылығында суды басқарудың бір жолы – жоғары ісінетін полимерлі гидрогельдерді (HSPH) пайдалану. ech, аммиак және гипан негізіндегі жаңа гидрогельдер алынды. Гельдегі айқаспалы байланыс агентінің көбеюі, біздің жағдайда 0,1-ден 9%-ға дейін, сонымен қатар акрил қышқылының негізгі тізбектерінің айқаспалы байланысының жоғарылауына және нәтижесінде сорбцияның төмендеуіне әсер етеді. Сорбция тек гель-ион ион алмасуымен ғана емес, сонымен қатар полимер құрылымы мен осы металдардың иондары арасындағы кешен түзілуімен немесе электростатикалық өзара әрекеттесумен түсіндіріледі. Зерттеу барысында полимерлі дәннің мөлшері статикалық метаболизм қабілетіне айтарлықтай әсер ететіндігі анықталды. Полимер дәнінің мөлшері азайған сайын статикалық сыйымдылық артады. Гидрогельдің ісіну дәрежесіне факторлардың (температура, концентрация және т.б.) әсері зерттелді. Алынған полимерлерді жүйелі зерттеу нәтижесінде дамыған күрделі құрылымдық полимерлерді зерттеудің келесі бағыттары көрсетілген. Болжалды қолдану саласы: ауыл шаруашылығы, металлургия өнеркәсібі, медицина, косметология, тұрмыстық химия.

Тірек сөздер: гидрогель, эпихлоргидрин, аммиак, гидролизденген полиакрилнитрил, ісіну, полимерлер.

А. Азимов[1], А.А. Болысбек[1], Г.М. Изтлеуов[1], Ш.Д. Ширинов[2]

[1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан
[2]Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЫСТРО НАБУХАЮЩЕГО ПОЛИМЕРА ГИДРОГЕЛИ

Аннотация. Одним из способов управления водными ресурсами в сельском хозяйстве является использование высоконабухающих полимерных гидрогелей (HSPH). Были получены новые гидрогели на основе ech, аммиака и гипана. Увеличение количества сшивающего агента в геле, в нашем случае с 0,1 до 9%, также влияет на увеличение сшивки основных цепей акриловой кислоты и, как следствие, на снижение сорбции. Сорбция объясняется не только гель-ионным ионообменом, но и комплексообразованием между полимерной структурой и ионами этих металлов, или электростатическим взаимодействием. В ходе исследования было установлено, что размер полимерного зерна оказывает заметное влияние на статическую обменную способность. По мере уменьшения размера полимерного зерна статическая емкость увеличивается. Было изучено влияние факторов (температуры, концентрации и т.д.) на степень набухания гидрогеля. В результате систематических исследований полученных полимеров показаны дальнейшие направления исследований разработанных сложных структурных полимеров. Предполагаемая область применения: сельское хозяйство, металлургическая промышленность, медицина, косметология, бытовая химия.

Ключевые слова: гидрогель, эпихлоргидрин, аммиак, гидролизованный полиакрилнитрил, набухание, полимеры.

IRSTI 61.31.43

I. Elyazov ©

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0002-7690-9996
Azerbaijan University of Architecture and Construction,
Baku, Azerbaijan
elyazov@mail.ru

https://doi.org/10.55956/WNTK3793

PRODUCTION OF ANTISEPTIC BORIC ACID

Abstract. To obtain antiseptic substances, boric acid must be synthesized from sodium tetraborate. The prepared 3% alcohol solution of boric acid can be used as an antiseptic solution to destroy bacteria and viruses, maintaining the health and cleanliness of people.

Keywords: boric acid, antiseptic solution, sodium tetraborate, bacteria, viruses.

Elyazov I. Production of antiseptic boric acid //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.251-254. https://doi.org/10.55956/WNTK3793

Introduction. In medicine, boric acid is used to prepare an antiseptic solution. Boric acid is obtained from sodium tetraborate. In addition, boric acid and borax are used to impregnate wooden structures to protect them from rotting and ensure fire resistance. Due to their antiseptic properties, boric acid and borax are used in medicine. They are also used as a preservative in the food industry.

Materials and methods. The following materials and methods were used in the study:

– Isolation of boric acid by the reaction of sodium tetraborate with sulfuric acid;

– Analysis of the resulting boric acid by chemical methods and IR spectroscopy;

– Preparation of an antiseptic solution by dissolving boric acid in a 3% alcohol solution;

– Determination of the refractive index of the prepared antiseptic solution by the refractometric method.

Research results and discussion. In the modern method of obtaining boric acid, borate flour is decomposed with sulfuric acid, as a result of which boron and magnesium enter the solution in the form of boric acid and magnesium sulfate. The solution is separated from the suspension by filtration. When the solution precipitates, boric acid crystallizes. Boric acid crystals are separated from the mother liquor by centrifugation. In this case, up to 20% of boric acid and magnesium sulfate remains in the mother liquor, the production of which is associated with additional costs.

Boric acid, used for medical purposes, is obtained from the natural mineral sodium tetraborate by reaction with solutions of sulfuric acids:

$$Na_2B_4O_7 + H_2SO_4 + 5H_2O = Na_2SO_4 + 4H_3BO_3 \quad (1)$$

Description of boric acid. Oily to the touch, colorless, transparent fine-grained white crystalline powder without odor. It dissolves well in cold and hot water. Soluble in alcohol (1:25), poorly soluble in glycerin (1:7). When heated for a long time to a temperature of 100°C, boric acid loses some water and turns into metaboric acid: $H_3BO_3 \longrightarrow HBO_2$ When heated to a temperature above 100°C, boric anhydride is formed in the form of a glassy mass.

$$H_3BO_3 \longrightarrow HBO_2 \longrightarrow B_2O_3 \quad (2)$$

The reaction of the formation of boron ethyl ether. The reaction with ethanol occurs in the presence of concentrated sulfuric acid. The mixture ignites and ignites with a flame with a green border [1,2].

$$HO - B - OH + 3C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5O - B - OC_2H_5 + 3H_2O \quad (3)$$

Prepare a 20% solution of sulfuric acid, add 5-6 g of sodium tetraborate salt to it, heat on an electric stove at a temperature of 30-40°C. Then cool the solution and filter through filter paper with a white ribbon. Pour the filtered solution into a glass and determine its concentration by refractometric method.

Preparation of a boric acid solution and its solubility are determined by refractometric method (Table 1). Concentration in a 100 m^3 measuring flask – 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 4.5; A 5.0% solution of boric acid was prepared. The refractive index of the prepared solutions was measured on a refractometer [3].

Table 1

Results of measurements on a refractometer

Concentration of boric acid C, %	Refractive index, n
0.5	1.3326
1.0	1.3328
1.5	1.3332
2.0	1.3336
2.5	1.3338
3.0	1.3342
3.5	1.3346
4	1.3350
4.5	1.3350
5.0	1.3350

The table shows that depending on the solubility of boric acid, boric acid does not dissolve completely in 4.5-5.0% percent samples, when the refractive index reaches – 1.3350, it shows a concentration of 4.0% solution. This is the limit of solubility of boric acid in the solution, after which a precipitate forms in the solution and the solubility begins to decrease. At the same time, boric acid hydrates begin to form.

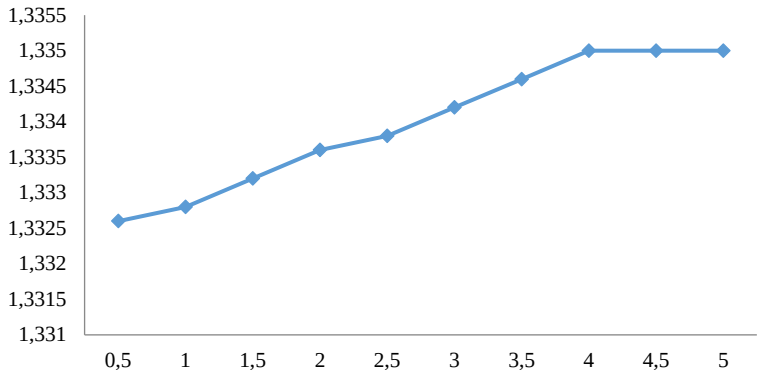


Fig. 1. Boric acid concentration versus refractive index

The X-axis shows the concentration of solutions, and the Y-axis shows the refractive index values of solutions.

As can be seen in Figure 1, when the refractive index value of solutions along the Y-axis is – 1.3350, the concentration of the total solution is 4.0%, and then it is clear that the solubility of the solution decreases. gradually.

Study of boric acid solution in an infrared Fourier spectrophotometer.

The FSM 1201 IR Fourier spectrometer is a laboratory spectrometer used to determine the middle and near IR range. The FSM 1201 IR Fourier spectrometer is used to analyze samples in various aggregate states (solid phase, liquid, gas); it is designed to determine the qualitative and quantitative composition of the substances being studied.

The figure below shows the IR spectral lines of boric acid formed as a result of the experiment.

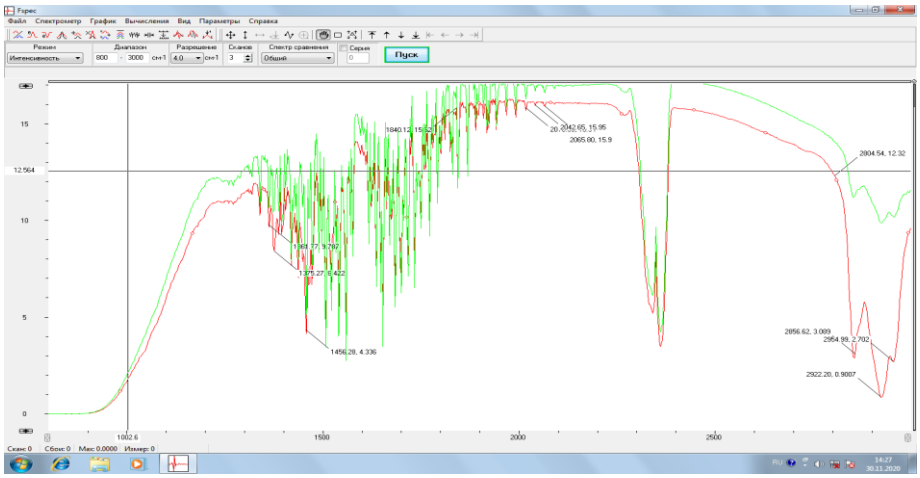


Figure 2. IR spectral lines of boric acid

Weak visible lines are formed at 1361 cm^{-1}, 1375 cm^{-1}, an intense line at 1456 cm^{-1}, weak lines at 1840 cm^{-1}, 2042 cm^{-1}, 2065 cm^{-1}, 2804 cm^{-1}, a line of medium intensity at Boric acid corresponds to the intensity line 2856 cm^{-1}, 2954 cm^{-1}, 2922 cm^{-1}. As a result of the experiment, adding sodium tetraborate to a solution of sulfuric acid and analyzing the synthesized product by chemical,

physicochemical methods, it was found that boric acid is formed in it. The chemical study was supplemented by the results of determining the resulting solution on an FSM 1201 IR Fourier spectrometer. Therefore, if you mix the resulting boric acid with 3% alcohol, you can get an antiseptic solution for viruses, bacteria and harmful insects. Boric acid can be used in medicine as an antiseptic and in the form of an ointment.

Conclusion. Due to their antiseptic properties, boric acid and borax are used in medicine. They are also used as a preservative in the food industry. The prepared 3% alcohol solution of boric acid can be used as an antiseptic solution to destroy bacteria and viruses, maintaining the health and cleanliness of people.

References

1. Akhmetov, T.G., Gaisin, L.G., Akhmetova, R.T. Khimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv [Chemical technology of inorganic substances]. – Lan, 2016. – 282-283 p. [in Russian].
2. Omarov, T. Khimiya i tekhnologiya soyedineniy bora [Chemistry and technology of boron compounds]. – Almaty: Kazakh University, 2002. – 230-235 p. [in Russian].
3. Goncharuk V.V., Babak Yu.V., Melnik L.A., Trachevsky V.V. Udaleniye soyedineniy bora v protsesse baromembrannogo opresneniya [Removal of boron compounds in the process of baromembrane desalination] //Chemistry and technology of water. – 2011. – No. 33, No. 5. – P. 518-529. [in Russian].

Received: 23 August 2024
Accepted: 17 January 2025

И.Ш. Эльязов

Әзербайжан сәулет және құрылыс университеті, Баку қ., Әзербайжан

АНТИСЕПТИЯЛЫҚ БОР ҚЫШҚЫЛЫН АЛУ

Аңдатпа. Антисептикалық заттарды алу үшін натрий тетраборатынан бор қышқылын синтездеу керек. Дайын болған бор қышқылына алдын ала дайындалған 3% спирттік ерітіндісін араластырып ерітінді дайындауға болады. Бұл ерітіндіні бактериялар мен вирустарды жою үшін антисептикалық ерітінді ретінде адамдардың денсаулығы мен тазалығын сақтауға себебін тигізеді.

Тірек сөздер: бор қышқылы, антисептикалық ерітінді, натрий тетрабораты, бактериялар, вирустар.

И.Ш. Эльязов

Азербайджанский университет архитектуры и строительства, г. Баку, Азербайджан

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИСЕПТИЧЕСКОЙ БОРНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация. Для получения антисептического вещества – борной кислоты – необходимо синтезировать из тетрабората натрия. Приготовленный 3%-ный спиртовой раствор борной кислоты можно использовать в качестве антисептического раствора для уничтожения бактерий и вирусов, поддержания здоровья и гигиены людей.

Ключевые слова: борная кислота, антисептический раствор, тетраборат натрия, бактерии, вирусы.

ҒТАМР 61.51.17

Р.М. Тулеуов[1] – *негізгі автор*,
К.К. Сырманова[2], **Ш.С. Арсланов**[3], **Ж.Б. Калдыбекова**[4]

[1]Докторант, [2]Техн. ғылым. д-ры, профессор,
[3]Техн. ғылым. канд., доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0004-6450-4686 [2]https://orcid.org/0000-0002-1468-6440*
[4]https://orcid.org/0000-0003-2906-9098

[1,2,4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[3]Мирзо Улугбек атындағы Өзбекстан ұлтық университеті, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

@ *[1]tuleuov_rassul@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/VQDG1649

МОДИФИЦИРЛЕНГЕН БИТУМ ЭМУЛЬСИЯСЫНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСАРТУ

Аңдатпа. Жол инфрақұрылымын дамыту және оның қоршаған ортаға әсері тұрақты және экологиялық таза жол материалдарын әзірлеуге байыпты назар аударуды талап етеді. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтарын салыстырмалы талдау битум эмульсияларының сапасын жақсартуға, жол салу және жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған артықшылықтарын көрсетті, битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер келтірілген. Битум эмульсиясының физика-механикалық сипаттамаларын жақсарту мақсатында жұмыста модификацияланған битум эмульсияларының құрамы құрастырылды. Алғаш рет битум құрамындағы Құлантау вермикулиті температураның кең диапазонында тұрақты адгезияны, қосымша энергетикалық сыйымдылыққа ие болатын меншікті беттің ұлғаюын қамтамасыз ететіні анықталды, бұл битуммен адгезия дәрежесінің жоғарылауына әкеледі. Физикалық-механикалық қасиеттер көрсеткіштерінің кешенін жақсарту.битум эмульсиясы эмульсия құрамында беттік белсенді заттарды қолдануға ықпал етеді, бұл олардың сапасының адгезиясын арттырады, ал тұрақтандырғыш қоспалар битум эмульсияларының тұрақтылығына ықпал етеді. ГОСТ 30491-2012 бекіткен әдістемелер бойынша битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері зерттеліп, жол құрылысында асфальтбетон қоспалары үшін әзірленген модификацияланған битум эмульсиясын қолдануға болатынын көрсетті.

Тірек сөздер: мұнай битумы, битум эмульсиясы, адгезия модификациясы, Құлантау вермикулиті, созылу серпімділігі.

Тулеуов, Р.М. Модифицирленген битум эмульсиясының физика-механикалық қасиеттерін жақсарту [Мәтін] / Р.М. Тулеуов, К.К. Сырманова, Ш.С. Арсланов, Ж.Б. Калдыбекова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.255-267. https://doi.org/10.55956/VQDG1649

Кіріспе. Мұнай-газ кешені республикада жүргізіліп жатқан әлеуметтік-экономикалық реформалардың қозғаушы күші, заманауи инновациялық және басқару шешімдерінің жүргізушісі болып табылады.

Мұнай-газ кешені республикада орындалатын әлеуметтік-экономикалық реформалардың қозғаушы күші, заманауи инновациялық және басқарушылық шешімдердің өткізгіші болып табылады. «Қазақстан-2050» Стратегиясының шеңберінде еліміздің энергетикалық ресурстарын дамытудың және Қазақстанның дамыған 30 елдің қатарына кіруінің ең оңтайлы сценарийін әзірлеу қажет. Прогресстің қайнар көзі шикізат экономикасы емес, өнеркәсіптік өңдеу секторы дамыған әртараптандырылған экономика, инновациялық экономика және т.б. болып табылады.

Жол құрылысы Қазақстан Республикасы халық шаруашылығының көп сұранысқа ие салаларының бірі болып табылады. Битум әртүрлі формада жол құрылысында байланыстырушы материал ретінде қолданылады. Жабындардың мерзімінен бұрын бұзылуының негізгі себептері қолданылатын тұтқыр заттардың сапасы мен физикалық-механикалық қасиеттері болып табылады. Мұнай өңдеу зауыттарында өндірілетін жол битумдары өз қасиеттері бойынша жабын ретінде жұмыс істейтін пайдалану температурасына сәйкес келмейді. Нәтижесінде, тұтқыр заттарды әзірлеу қажеттілігі туындайды, оларды қолдану әртүрлі әдістер мен технологияларды қолдана отырып, асфальтбетон жабындарының сдысуға төзімділігін, аязға төзімділігін, жарыққа төзімділігі мен беріктігін арттырады [1].

Қазіргі уақытта, әсіресе шетелде, битум эмульсияларын (БЭ) қолдана отырып, жол жабындарын жасаудың салыстырмалы түрде жаңа әдісіне көшу үрдісі байқалады. Битум эмульсияларын қолдану арқылы дайындалған жол материалдары әр түрлі ауа-райында жақсы жұмыс істейтіні белгіліБитум эмульсияларын зерттеуге Л.А. Горелышева, М.И. Кучма, И.А. Плотниковоа, Э.М. Рвачева, Э.А. Казарновская, М.Ф. Никипшна, В.А. Харченко, И.Н. Петухова және т.б. авторлар эмульсиялар тұтқыр заттың өңделетін бетіне біркелкі таралуын қамтамасыз ететінін атап өтті, бұл өңдеу ықтималдығын азайтады «терлеу», кедір-бұдырдың жоғалуы және минералды материалдың дәндерін тұтқыр заттармен жақсы қаптауға ықпал етеді [2,3].

Заманауи жол құрылысында катионды битум эмульсиялары кеңінен қолданылуда. Бұл осындай эмульсиялардың қышқыл тас материалдарының бетінде ыдырау механизмімен түсіндіріледі. Оң зарядталған битум бөлшектері қоспа минералдарының теріс зарядталған бетіне түскенде, олар радикалды орталықтармен әрекеттесіп, агрегаттық материалдарға жақсы адгезияны қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қышқылдық инертті материалдардың таралуы және олардың физикалық-механикалық қасиеттері катиондық битум эмульсияларының ең көп қолданылуын анықтады. Битум бөлшектеріне оң заряд битум эмульсияларын өндіруде эмульгаторлар немесе тұрақтандырғыштар болып табылатын беттік-белсенді заттармен ББЗ (катионды белсенді заттармен) беріледі, ал битумға қосқанда олар желімдік қоспалар болып табылады.

Битумды эмульсиялардың негізгі құрамдас бөлігі МЕСТ 22245-90 бойынша шығарылатын әртүрлі маркалы тұтқыр жол битумдары болып табылады. Қолданылатын жол битумының нормаланған сынғыштық температурасы жол төсемдерін пайдаланудың климаттық жағдайларына сәйкес келмейді. Бұл Қазақстан аумағының басым бөлігіне (96%-дан астам) тән. Мұнай битумының негізгі кемшіліктерінің бірі қышқыл минералды құрамдағы тас материалдарға төмен адгезиясы болып табылады, бұл шайырдың тотығуы арқылы битумның өндірілуіне байланысты. Көрсетілген кемшіліктер, әрине, битум эмульсияларының сапа көрсеткіштеріне теріс әсер етеді.

Битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерінің кешенін жақсарту үшін физика-механикалық қасиеттерінің жақсартылған кешені бар модификацияланған битумдарды қолданған жөн. Битум эмульсияларының құрамында беттік белсенді заттарды қолдану олардың адгезиялық қасиеттерін арттырады, ал тұрақтандырғыш қоспалар битум эмульсияларының тұрақтылығына жауап береді.

Пайдаланылған катионды битум эмульсияларына аналитикалық шолу және талдау [1-5] жол шаруашылығы үшін қажетті физика-механикалық қасиеттері бар битум эмульсияларын қолдану қажет екенін көрсетті: сынғыштық төмен температурасы, жоғары жұмсарту температурасы, серпімділігі және жақсы араласуы. минералды материалдар. Қазіргі жағдайда көрсетілген қасиеттері бар эмульсияларды алу өте өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу үшін 70/100 мұнай БНД битумы – ірі тоннажды мұнай өңдеу өнімі пайдаланылды [6]. Ол, құнды техникалық қасиеттердің жиынтығына ие: 25°С – 115 см созылғыштығы, жұмсарту температурасы – 48°С, сынғыштық – 20°С, тұтану температурасы – 240°С.

Жұмыста ЭМБИТ катионоактивті эмульгаторы, о-фосфор қышқылы, минералды толтырғыш – Құлантау вермкулиті және техникалық су қолданылды.

Алынған битум эмульсияларының үлгілерінің қасиеттерін зерттеу үшін, оны біртекті күйге келтіргеннен кейін, бірден эмульсия берілген ыдыстан зертханалық зерттеулерге үлгілер алынды. Битум эмульсиясының біртектілігін анықтау толық толтырылған сыйымдылығы 1 литрден кем емес, 48 сағат бойы ұсталмаған ыдыстың мазмұнымен бағаланды.

Битум эмульсиясының енуі (иненің ену тереңдігі) МЕСТ 11501-78 – Мұнай битумдары бойынша анықталды. ПНБ-02М пенетрометрінде иненің ену тереңдігін анықтау әдісі» [7].

Битум эмульсиясының икемділігі (созылғыштығы) МЕСТ 11505-75 – Мұнай битумдары бойынша анықталды. [8]. Ұзартуды анықтау әдісі» ДБ-150 дуктилометрі арқылы анықталады. Сынақ 25°С температурада 5 см/мин деформация жылдамдығымен жүргізіледі.

25°С серпімділік «МЕСТ 52056-2003 – типті блоктық сополимерлердің негізіндегі полимер-битум жол байланыстырғыштары» бойынша анықталды. [9]. ПБВ серпімділігі үлгілерді ұзартуға сынаудан кейін тікелей анықталады.

Битум эмульсиясын жұмсарту температурасы МЕСТ 11506-73 – Мұнай битумдары бойынша жүргізілді. Сақина мен шардың көмегімен жұмсарту температурасын анықтау әдісі» [10]. Әдістің мәні берілген өлшемдегі сақинада орналасқан битум эмульсиясы сынақ жағдайында жұмсаратын және болат шардың әсерінен қозғалып, төменгі пластинаға тиетін жұмсарту температурасын анықтау болып табылады.

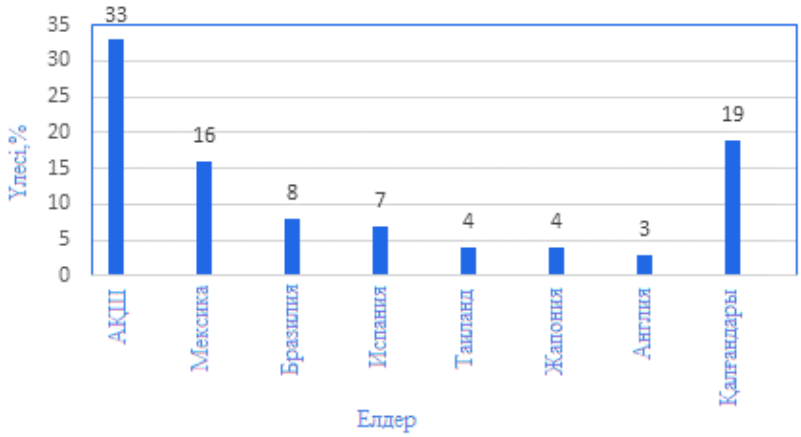
Адгезияны бағалау үшін жұмыста визуалды және сандық әдіс қолданылды [11]. Ыдыраған БЭ бар битуммен қапталған минералды үлгіні қайнатқаннан кейін бетінде қалған байланыстырғыш пленканың күйі, сондай-ақ оның мөлшері бағаланды.

Жұмыста алынған БЭ үлгілерінің тұрақтылығын анықтау эмульсия өзінің бастапқы қасиеттерін сақтаған күндер санын анықтаудан тұрды. Осы әдісті қолданып эмульсияны зерттеу нәтижесі бір шаманы – жойылу уақытын анықтау болды [12].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қазіргі уақытта заманауи талаптарға сәйкес келетін жол төсемдерін жабындау кезінде битум эмульсиялары жиі қолданылады. Шетелдік тәжірибе көрсеткендей, битум эмульсияны жол құрылысында қолдану битумды 30% үнемдеуге мүмкіндік береді және энергия шығынын 1,5 есе азайтады [13].

Дүние жүзінде битум эмульсияларының өндірісі 8 млн тоннаны құрайды, оның 20% анионды және 80% катиондық болып табылады [14].

Битум эмульсияларының негізгі өндірушілері АҚШ, Франция, Мексика, Бразилия, Испания, Таиланд, Жапония, Англия және т.б. (1-сурет). Ресейде шамамен 250 мың тонна битум эмульсиясы өндіріледі[13].



Сурет 1. Битум эмульсияларының әлемдік тұтыну үлесі

Эмульсиялық технологияларды пайдалану кезінде қолданылатын минералды және органикалық материалдардың әртүрлілігін, жол төсемдері жұмыс істейтін климаттық және пайдалану жағдайларын ескеру қажет.

Шетелде катионды су-битум эмульсияларын пайдаланатын технологиялар жол құрылысында бұрыннан кеңінен қолданылып келеді [15]. Мұндай технологияларды қолдануды шектейтін факторлардың бірі тиімді отандық катионды эмульгаторлардың жоқтығы және импорттықтардың жоғары құны болып табылады. Сонымен қатар, соңғы жылдары жол құрылысының әлемдік тәжірибесінде негізінен (100% дерлік) катионды типтегі эмульсиялар өндіріліп, қолданылуда, өйткені олар ең әмбебап болып табылады және минералды материалдардың бетіне байланыстырғыштың жеткілікті адгезиясын қамтамасыз етеді. Шетелде катиондық битум эмульсияларын өндірудің 60 жылдан астам уақытында әртүрлі композициялар мен оларды жол құрылысында қолдану технологиялары жетілдірілді және олардың тағайындалуына байланысты әртүрлі эмульсиялық композицияларға арналған эмульгаторлардың кең ауқымды өнеркәсіптік өндірісі жолға қойылды. Битум эмульсияларының теориялық әзірлемелерінде және практикалық қолдануында ең үлкен тәжірибе Францияда жинақталған, ол осы мәселелер бойынша әлемде көшбасшы болып саналады және жол мақсаттары үшін органикалық байланыстырғыштардың жалпы көлемінің 30%-дан астамы эмульсияланған түрде пайдаланылады.

Битумды эмульсиялардың артықшылығы – жол құрылысы мен жөндеу жұмыстарының сапасын жақсарту, өндіру қабілетін және жылдамдығын арттыру мүмкіндігі. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғандағы басымдықтары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Жол құрылысындағы битуммен салыстырғанда битум эмульсияларының негізгі артықшылықтары

№	Жол құрылысындағы битум эмульсияларының артықшылықтары	Жол жұмыстарына арналған битумның кемшіліктері
1	катиондық эмульсияның оң заряды және жол негізі бетінің теріс заряды есебінен негізге толық жабысу;	битумның негіз бетіне төмен адгезиясы (нашар адгезия)
2	эмульсияның өтімділігі суға жақын, сондықтан ол бетке таралып, барлық тесіктер мен бұзылуларды толтырады.	бетінде нашар және біркелкі таралу
3	ылғалданған бетке битум эмульсияларын төгуге рұқсат етіледі;	тазартылған бетінде ылғалдың толық болмауы қажеттілігі
4	Битум эмульсияларын өндіру технологиясы әр жұмыс түріне қажетті оның сапа көрсеткіштерін өзгертуге мүмкіндік береді.	орындалатын жұмысқа байланысты битумның сапа көрсеткіштерін өзгерту мүмкін еместігі
5	жоғары температураны ұстап тұру қажеттілігінің болмауына байланысты төмен энергия сыйымдылығы;	жоғары температураны сақтауға байланысты жоғары энергия сыйымдылығы
6	битум эмульсияларын 30-дан 70°С-қа дейінгі температурада пайдалану оны пайдалануды қауіпсіз етеді.	жұмыс қаупі артады, өйткені битум 160°С-қа дейінгі температурада қолданылады

Мұнай битумдары қышқыл минералды құрамның тас материалдарына төмен адгезиямен сипатталады, бұл гудронның тотығу әдісімен битум өндірісімен, сондай-ақ серпімді қасиеттердің болмауымен, салыстырмалы түрде ыстыққа төзімділігі аз және төмен температураның қанағаттанарлықсыз көрсеткіштерімен байланысты. Аталған кемшіліктер, әрине, битумн эмульсияларының сапалық көрсеткіштеріне теріс әсер етеді. Осыған байланысты жұмыстың мақсаты модификацияланған битум эмульсиясының физикалық-механикалық қасиеттерін жетілдіру болды.

Бұл жұмыста БНД 70/100 бастапқы жол битумының физикалық-механикалық қасиеттері зерттелді. 2-кестеде осы битумның физикалық-механикалық қасиеттері көрсетілген [7].

Модификация процесін жүргізгеннен кейін және қоспаның біртектілігін анықтағаннан соң алынған битум эмульсия үлгілеріндегі олардың тұрақтылығы анықталды. Зерттеу нәтіжесінде алынған БЭ үлгілерінің тұрақтылығын анықтау эмульсия өзінің бастапқы қасиеттерін (белгілі бір дәрежеде) сақтаған күндер санын анықтаудан тұрды

Кесте 2

БНД 70/100 физикалық-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіш	Мәні
1	Иненің ену тереңдігі, 0,1 мм:	
	25°С кезінде	75
	0°С кезінде	22
2	Сақина мен шар бойымен жұмсарту температурасы, °С	48
3	Созылғыштық 25°С, см	115
4	Сынғыштық температурасы, °С	-20
5	Тұтану температурасы, °С	240

Осылайша, осы әдісті қолдану арқылы эмульсияны зерттеудің нәтижесі бір мәнді жою уақытын анықтау болды. Деструкция уақыты деп эмульсияның толық бұзылу уақыты, дисперстік ортаның дисперстік фазадан бөлінуі және қыздырусыз және қайта дисперсиясыз бұрынғы күйді қалпына келтіру мүмкін еместігі алынды. БЭ бөлінуі, ең алдымен, жүйеде флокуляция және коалесценция процестерінің пайда болуымен байланысты.

Мұнай битумының негізіндегі модификацияланған битум эмульсиясында Құлантау вермикулиті – триоктаэдрлі гидрослюдалар тобына жататын кеңейетін құрылымдық жасушасы бар ауыспалы химиялық құрамды слюда тәрізді магний-темір алюмосиликаты қолданылады [16,17].

Вермикулит – метаболикалық реакциялар, гидратация процестері және магнезия-безді слюдалардың (биотит, флогопит) басқа өзгерістері нәтижесінде пайда болатын қайталама минерал. Жұмыста осы көрсеткіштері бар вермикулит пайдаланылды: үлес салмағы – 70-180 кг/м^3 (түйіршіктердің мөлшеріне байланысты); суды сіңіру қабілеті – 400-530%; pH 6,8-7,0.

Сонымен қатар, вермикулит жоғары адсорбциялық қабілетімен ерекшеленеді және көмірсутектердің тотығуы нәтижесінде пайда болатын өнімдерді, мысалы, шайырларды, оттегі бар қосылыстарды және басқа да гетероорганикалық өнімдерді тиімді сіңіреді.

Бұл модификаторды қолданудағы негізгі мәселелердің бірі оны тұтқыр затқа енгізу болып табылады. Сондықтан 130°С температурада біз вермикулиттің толық еруіне қол жеткіздік. Нәтижелер жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сыну температурасының (-29°С дейін) төмендегеніні көрсетті. Модификацияланған битумдардың сыну температурасы иненің ену тереңдігінің температуралық тәуелділіктерінен жанама түрде анықталды, бұл кейбір қателіктер береді, бірақ тұтастай алғанда көрсеткіштердің мәні қанағаттанарлық. Осы тәуелділіктердің барлығын талдау модификатор ретінде енгізілген компоненттердің оңтайлы санын есептеуге мүмкіндік берді.

Осы жұмыстағы эмульсиялардың агрегативті тұрақтылығына эмульгатор жүйесіне ЭМБИТ енгізу арқылы қол жеткізіледі. Эмульгатор ЭМБИТ маркасы-эмульсияның дисперсиясын қамтамасыз ету үшін қажетті беттік белсенді зат, келесі техникалық көрсеткіштерге ие[18,19]: сыртқы түрі – ашық сарыдан қою қоңырға дейінгі жылжымалы сұйықтық;, тығыздығы 200 С, г/см^3 0,960-0,990; амин саны, мг HCI массасы бар 1 г эмульгаторға 100% үлесі, кемінде – 220; динамикалық тұтқырлық 200 С, сП – 700-ден 1150-ге дейін құрайды. Битум тамшыларының бетіне адсорбциялау арқылы эмульгатор молекулалары олардың айналасында қорғаныс қабаттарын құрайды (құрылымдық-механикалық тосқауыл деп аталады) және тұтқыр заттың коалесценциясын болдырмайды. Бұл жағдайда эмульгатордың

асимметриялық молекулалары белгілі бір жолмен фазааралық шекараға бағытталады – полярлық топтар Сулы фазаға бағытталған, ал полярлы емес (көмірсутек радикалдары) битумға тартылады. Дисперсиялық ортаның рН неғұрлым жоғары болса, эмульгатор молекулаларының көп бөлігі иондық түрге ауыспайды, жүйе соғұрлым аз агрегативті тұрақты болады, бұл зерттеу нәтижелерінен көрінеді (3-кесте)

Мұндай жүйенің дисперсия дәрежесі жақсы иондалған ерітіндіге қарағанда әлдеқайда төмен. Бұл эмульгатордың берілген мөлшерін қамтамасыз ете алатын алынған эмульсияның тұрақтылығына әсер етеді. Эмульгатор иондарының азаюы дисперсті фазалық элементтердің аз санын тұрақтандырады, осылайша ұсақ бөлшектердің флокуляция процесіне және олардың коалесценция арқылы кейіннен кеңеюіне ықпал етеді.

Кесте 3

Құрастырылған эмульгатордың көмегімен дайындалған битум эмульсияларының агрегативті тұрақтылығының, тұтқырлығының және ыдырау уақытының дисперсиялық ортаның рН-на тәуелділігі

Ортаның рН	Битумдық эмульсия қасиеттерінің көрсеткіші		
	Тұрақтылық, күндер	Тұтқырлық,с-^{1}	Ыдырау уақыты, мин
1	22	26,4	29
2	26	27,5	31
3	27	25,1	34
4	28	28,8	38
5	29	29,9	40
6	30	29,8	42

Сол себепті, РН жоғарылаған кезде, аз иондалған ортадағы битум фазасының дисперсиясының төмен дәрежесі эмульсияға тұтқырлықтың жоғарылауы байқалады. Битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның рН жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өседі (3-кесте). 5-кестеде алынған битум эмульсияларының физика-механикалық сипаттамалары келтірілген.

Битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер талданады.Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтары жалпыланған, олар сапаны жақсартуға, жол құрылысы мен жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған. Жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің сапасын жақсарту, технологиялылығын және жылдамдығын арттыру үшін модификатор ретінде көтерілген Құлантау вермикулитін, ал баз ретінде эмульгатор ЭМБИТ қамтитын битум эмульсияларының жаңа құрамы әзірленді.Алғаш рет жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сынғыштық температурасының төмендеуін (-29°С дейін) көрсететін нәтижелер алынды. Жол мақсатындағы битум эмульсиясын жасау үшін Құлантау вермикулитін пайдалану Модификацияланған битум эмульсиясының сапалық көрсеткіштерін арттыруға, жабындардың беріктігін арттыруға және асфальт жабындарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік бергені анықталды. Эмульгатор жүйесіне эмбит енгізген кезде битум эмульсиясының агрегативті тұрақтылығын зерттеу битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның рН жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өсетінін көрсетті. Белгілі құрамы бар модификацияланған битум эмульсиясының

әзірленген құрамының физика-механикалық қасиеттерін салыстырмалы зерттеу) құрамдас құрамның өзгеруі эмульсия үлгілерінің шартты тұтқырлығын 26,4-тен 29,8 с-қа дейін, 22-30 күн тұрақтылықта реттеуге мүмкіндік бергенін көрсетеді, бұл битум эмульсияларын қолданудың пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді; Модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамы модификацияланған битум эмульсиясы ретінде, жол құрылысында және әртүрлі шатырларды жөндеуде асфальтбетон қоспалары үшін пайдаланылуы мүмкін.

Осылайша, жол саласын жоғары сапалы битум материалдарымен қамтамасыз етудің тұрақтылығы, тұтқыр материалдың температураның өзгеруіне беріктігінің сезімталдығын төмендету арқылы олардың пайдалану қасиеттерін жақсарту жалпы битум өндірісінің рентабельділігін арттыруға ықпал етеді.Көрнекі түрде алынған битум эмульсиялары ыдыраған кезде түсін қара түске өзгертетін біртекті қара қоңыр сұйықтық болып табылады (2-сурет).

Сурет 2. Модификацияланған битум эмульсиясы

Модификацияланған битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу кезінде сақтау орнықтылығы (4-кесте), созылғыштық, жұмсарту температурасы, серпімділік және битум пленкасының минералды материалмен адгезиясы (5-кесте) зерттелді.

Кесте 4

Сақтау кезіндегі битум эмульсияларының тұрақтылығы

Құрамы, №	Битумның төзімділігі эмульсиялар, күндер	ГОСТ Р 58952.1 – 2020 бойынша битум-полимер жолының катионды эмульсиясы (ЭБПДК)
1	27-28	20-22
2	30	
3	38-39	
4	29	
5	31-33	
6	30	
7	30	

Гидрофобты вермикулиттің қажетті құрамын қосу арқылы сақтау тұрақтылығы жақсарады, тұтқырлығы жоғарылайды және қаттылығы артады. Жолда қолдануға арналған битум эмульсияларының қасиеттеріне кеңейтілген вермикулиттің әсерін зерттеу нәтижесінде битум құрамындағы Құлантау

вермикулиті кең температура диапазонында тұрақты адгезияны, меншікті бетінің ұлғаюын қамтамасыз ететіні анықталды, қосымша энергия сыйымдылығы, бұл битумға адгезия дәрежесінің жоғарылауына әкеледі. Битумның жоғары меншікті беті және ұсақ кеуекті құрылымы бар материалмен әрекеттесуі нәтижесінде битумның топтық құрамының өзгеруі майлар мен шайырлардың материалға селективті диффузиясына байланысты болады, бұл бөлшектердің бетіндегі битум қабаттарының қасиеттерінің өзгеруі және дәндер бетінде ұзаққа созылатын битум қабықшаларының түзілуі.

Әрі қарай олардың физика-механикалық қасиеттері анықталды (0 және 25°С иненің ену тереңдігін анықтау, 25°С ұзаруы, сақина мен шар бойымен жұмсарту температурасы, серпімділік және қиыршық тасқа жабысу) [7-11].

5-кестеде алынған битум эмульсияларының физика-механикалық сипаттамалары көрсетілген

Кесте 5

Өңделген битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіштер	БЭ1	БЭ2	БЭ3	БЭ4	БЭ
1	Созылғыштық, 0°С кезінде, см	45	54	89	102	95
2	Жұмсарту нүктесі, температурасы, °С	65	67	66	70	69
3	Серпімділік,% 0°С кезінде	36	38	42	55	48
4	Серпімділік,% 25°С кезінде	72	83	84	88	85
5	Минералды материалға (қиыршық тас) битум пленкасының адгезиясы	97	98	100	100	97

Эксперименттік деректерді талдау әзірленген модификацияланған эмульсияның кең ауқымды қасиеттерімен сипатталатынын көрсетеді: 0°С 45-тен 102-ге дейін созылу, серпімділік 72-ден 88%-ға дейін битум пленкасының минералды материалмен адгезиясы 97-ден 100-ге дейін.

Минералды материал дәндерінің беті МЕСТ Р 58952.10-2020 талаптарына сәйкес битумды тұтқыр пленканың сақталу дәрежесі бойынша минералды материалға эмульсияның адгезиясының сапасын тексерді және бағалады.

Физика-механикалық қасиеттері бойынша зерттелген құрамдардың ішінде ең оңтайлы құрам БЭ4 болып табылады. Отандық Құлантау вермикулитін және эмульгаторды қолданатын модификацияланған битум эмульсиясы отандық Құлантау вермикулиті мен эмульгатор ЭМБИТ қолданатын модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамын асфальтбетон қоспалары үшін модификацияланған битум эмульсиясы ретінде жол құрылысында, әртүрлі шатырларды монтаждауда және жөндеуде пайдалануға болатынын көрсетеді.

Қорытынды. Битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер талданады.Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтары жалпыланған, олар сапаны жақсартуға, жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған.

Жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің сапасын жақсарту, технологиялылығын және жылдамдығын арттыру үшін модификатор ретінде көтерілген Құлантау вермикулитін, ал баз ретінде эмульгатор ЭМБИТІН қамтитын битум эмульсияларының жаңа құрамы әзірленді.

Алғаш рет жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сынғыштық температурасының төмендеуін (-29°С дейін көрсететін нәтижелер алынды). Жол мақсатындағы битум эмульсиясын жасау үшін Құлантау вермикулитін пайдалану Модификацияланған битум эмульсиясының сапалық көрсеткіштерін арттыруға, жабындардың беріктігін арттыруға және асфальт жабындарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік бергені анықталды. Эмульгатор жүйесіне эмбит енгізген кезде битум эмульсиясының агрегативті тұрақтылығын зерттеу битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның pH жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өсетінін көрсетті.

Модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамының физика-механикалық қасиеттерін белгілі құрамымен салыстырмалы зерттеу құрамдас құрамының өзгеруі эмульсия үлгілерінің шартты тұтқырлығын 26,4-тен 29,8 $с^{-1}$ дейін, 22-30 күн тұрақтылықта реттеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді, бұл битум эмульсияларын қолданудың пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді. Модификацияланған битум эмульсиясының құрамы битум эмульсиясы ретінде, жол құрылысында және әртүрлі шатырларды жөндеуде асфальтбетон қоспалары үшін пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, жол саласын жоғары сапалы битум материалдарымен қамтамасыз етудің тұрақтылығы, тұтқыр материалдың температураның өзгеруіне беріктігінің сезімталдығын төмендету арқылы олардың пайдалану қасиеттерін жақсарту жалпы битум өндірісінің рентабельділігін арттыруға ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Скориков С.В. Теория и практическое применение битумных эмульсий в холодных асфальтобетонах и битумоминеральных смесях [Текст] / С.В. Скориков, Ю.Г. Лозикова, А.В. Кручинко // Современная наука иинновации. – 2015. – № (1). – С. 95-103.
2. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 3(23). – P. 5473.
3. Al-Mohammedawi A, Mollenhauer K. Current Research and Challenges in Bitumen Emulsion Manufacturing and Its Properties // Materials (Basel). – 2022. – No. 15(6). – P. 2026.
4. Измаилова Г.Г. Битумные эмульсии на основе битумов казахстанских производителей [Текст] / Г.Г. Измаилова, Е.С. Сивохина, Н.Б. Ельшибаев // Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2018. – № 2 (105). – С. 211-219.
5. Безродных А.А. Битумные эмульсии дорожно-строительного назначения, модифицированные золами-уноса [Текст] / А.А. Безродных, В.В. Строкова, И.Ю. Маркова, Д.Ю. Потапов // Строительные материалы. – 2021. – № 11. – С. 59-66.
6. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1991. – М.: Стандартинформ, 2000. – 9 с.
7. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы [Текст]. – Введ. 01.01.1980. – М.: Стандартинформ, 2008. – 5 с.
8. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости [Текст]. – Введ. 01.01.1977. – М.: Стандартинформ, 2008. – 3 с.
9. ГОСТ Р 52056. Определение эластичности полимерно-битумных вяжущих [Текст]. – Введ. 01.01.2004. – М.: Стандартинформ, 2004. – 6 с.
10. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару [Текст]. – Введ. 01.07.1974. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.

11. ГОСТ Р 58952.10-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Определения адгезии с минеральными материалами [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 10 с.
12. ГОСТ Р 58952.8-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения устойчивости при хранении [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 10 с.
13. Битумный рынок – рост, тенденции, влияние Covid-19 и прогнозы (2023–2028 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mordorintelligence.com/.
14. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB. Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 13(23). – P. 5473.
15. Балабанов В.Б. Применение катионных полимерно-битумных эмульсий на основе нефтяных модифицированных битумов в дорожном строительстве [Текст] / В.Б. Балабанов, Д.А. Милицын, Ю.Б. Жаринов // Экспозиция нефть и газ. – 2012. – № 5(23).
16. Калдыбекова Ж.Б. Вермикулиты Южного Казахстана: получение, свойства, применение «Вопросы современной науки» [Текст]: монография / Ж.Б. Калдыбекова, К.К. Сырманова, А.Е. Ковалева, Э.А. Байбазарова, Е.Т. Боташев / под ред. Н.Р. Красовской. – М.: Изд. Интернаука, 2018. – Т.29. – 168 с.
17. Kaldybekova Zh.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Y. Polyfunctional sorbents: monograph. – Shymkent: Typography “Alem”, 2018. – 174 p.
18. Методические рекомендации по применению эмульгаторов для битумных эмульсий «ЭМБИТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://propitki38.ru/wp-content/uploads/2023/02/2022-metodicheskie-rekomendaczii-emulgator-embit-bs.pdf.
19. ГОСТ Р 58952.1-2020. Битумно-полимерная дорожная катионная эмульсия (ЭБПДК) [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 22 с.

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қолдауымен жүзеге асырылды (грант АП19679034 «Технологиялық процесте полимерлік қалдықтарды кәдеге жарату арқылы жол шаруашылығына арналған битум материалдарын өндіру технологиясын әзірлеу»).

Материал редакцияға 26.08.24 түсті, 21.03.25 қабылданды.

Р.М. Тулеуов[1], К.К. Сырманова[1], Ш.С. Арсланов[2], Ж.Б. Калдыбекова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им.М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Республика Узбекистан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИТУМНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Аннотация. Развитие дорожной инфраструктуры и ее воздействие на окружающую среду требуют серьезного внимания к разработке устойчивых и экологически чистых дорожных материалов Сравнительный анализ приоритетов битумных эмульсий по сравнению с битумом,показал преимущества битумных эмульсий, которые призваны улучшить качество, повысить технологичность и скорость проведения дорожностроительных и ремонтных работ. Приведены данные по мировому потреблению битумных эмульсий. В работе для улучшения физико-механических характеристик битумной эмульсии разработаны рецептуры модифицированных битумных эмульсий. Впервые установлено, что кулантауский вермикулит в составе битумной композиции обеспечивает стабильную адгезию в широком диапазоне температур, увеличение удельной поверхности, которая

приобретает дополнительную энергетическую емкость, что и приводит к повышению степени сцепления с битумом. Улучшению комплекса показателей физико-механических свойств.битумной эмульсии способствует применение поверхностно-активных веществ в составе эмульсии, которые также повышают их адгезионнью качества, а стабилизирующие добавки отвечают за устойчивость битумных эмульсий. Исследование показателей физико-механических свойств битумных эмульсий по методикам, утвержденным ГОСТ 30491-2012, показали, что разработанная модифицированная битумная эмульсия может быть использована для асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве.

Ключевые слова: нефтяной битум, битумная эмульсия, адгезия модифицирование, кулантауский вермикулит, растяжимость эластичность.

R.M. Tuleuov[1], K.K. Syrmanova[1], Sh.S. Arslanov[2], J.B. Kaldybekova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Republic of Uzbekistan

IMPROVEMENT OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE MODIFIED BITUMEN EMULSION

Abstract. The development of road infrastructure and its impact on the environment require serious attention to the development of sustainable and environmentally friendly road materials. A comparative analysis of the priorities of bitumen emulsions in comparison with bitumen has shown the advantages of bitumen emulsions, which are designed to improve the quality, improve the manufacturability and speed of road construction and repair work, and provides data on global consumption of bitumen emulsions. In order to improve the physico-mechanical characteristics of bitumen emulsion, formulations of modified bitumen emulsions have been developed. It has been established for the first time that Kulantau vermiculite in a bitumen composition provides stable adhesion over a wide temperature range, an increase in specific surface area, which acquires additional energy capacity, which leads to an increase in the degree of adhesion to bitumen. Improvement of the complex of indicators of physical and mechanical properties.bitumen emulsion is facilitated by the use of surfactants in the emulsion, which also increase their adhesive qualities, and stabilizing additives are responsible for the stability of bitumen emulsions. The study of the physical and mechanical properties of bitumen emulsions according to the methods approved by GOST 30491-2012 showed that the developed modified bitumen emulsion can be used for asphalt concrete mixtures in road construction.

Keywords: petroleum bitumen, bitumen emulsion, adhesion modification, Kulantau vermiculite, extensibility elasticity.

References

1. Skorikov S.V., Lozikova YU.G., Kruchinko A.V. Teoriya i prakticheskoye primeneniye bitumnykh emul'siy v kholodnykh asfal'tobetonakh i bitumomineral'nykh smesyakh [Theory and practical application of bitumen emulsions in cold asphalt concrete and bitumen-mineral mixtures] // Modern science and innovation. – 2015. – No. (1). – P. 95-103. [in Russian].
2. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 3(23). – P. 5473.
3. Al-Mohammedawi A, Mollenhauer K. Current Research and Challenges in Bitumen Emulsion Manufacturing and Its Properties // Materials (Basel). – 2022. – No. 15(6). – P. 2026.
4. Izmailova G.G., Sivokhina Ye.S., Yel'shibayev N.B. Bitumnyye emul'sii na osnove bitumov kazakhstanskikh proizvoditeley [Bitumen emulsions based on bitumens of

Kazakhstani manufacturers] // Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. – 2018. – No. 2 (105). – P. 211-219. [in Russian].
5. Bezrodnykh A.A., Strokova V.V., Markova I.YU., Potapov D.YU. Bitumnyye emul'sii dorozhno-stroitel'nogo naznacheniya, modifitsirovannyye zolami-unosa [Bitumen emulsions for road construction purposes modified with fly ash] // Construction Materials. – 2021. – No. 11. – P. 59-66. [in Russian].
6. GOST 22245-90. Bitumy neftyanyye dorozhnyye vyazkiye. Tekhnicheskiye usloviya [Viscous road petroleum bitumens. Specifications]. – Introduced. 01.01.1991. – Moscow: Standartinform, 2000. – 9 p. [in Russian].
7. GOST 11501-78. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya glubiny pronikaniya igly [Petroleum bitumens. Method for determining the depth of needle penetration]. – Introduced. 01.01.1980. – Moscow: Standartinform, 2008. – 5 s. [in Russian].
8. GOST 11505-75. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya rastyazhimosti [Petroleum bitumens. Method for determining extensibility.]. – Introduced. 01.01.1977. – Moscow: Standartinform, 2008. – 3 p. [in Russian].
9. GOST R 52056. Opredeleniye elastichnosti polimerno-bitumnykh vyazhushchikh [Determination of elasticity of polymer-bitumen binders]. – Introduced. 01.01.2004. – Moscow: Standartinform, 2004. – 6 p. [in Russian].
10. GOST 11506-73. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya temperatury razmyagcheniya po kol'tsu i sharu [Petroleum bitumens. Method for determination of ring and ball softening point]. – Introduced. 01.07.1974. – Moscow: Standartinform, 2008. – 7 p. [in Russian].
11. GOST R 58952.10-2020. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Emul'sii bitumnyye dorozhnyye. Opredeleniya adgezii s mineral'nymi materialami [Public roads. Bitumen road emulsions. Determination of adhesion with mineral materials]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 10 p. [in Russian].
12. GOST R 58952.8-2020. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Emul'sii bitumnyye dorozhnyye. Metod opredeleniya ustoychivosti pri khranenii [Public roads. Road bitumen emulsions. Method for determining storage stability]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 10 p. [in Russian].
13. Bitumen market - growth, trends, impact of Covid-19 and forecasts (2023-2028) [Electronic resource]. - Access mode: https://www.mordorintelligence.com/. [in Russian].
14. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB. Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 13(23). – P. 5473.
15. Balabanov V.B., Militsyn D.A., Zharinov YU.B. Primeneniye kationnykh polimerno-bitumnykh emul'siy na osnove neftyanykh modifitsirovannykh bitumov v dorozhnom stroitel'stve [Application of cationic polymer-bitumen emulsions based on petroleum modified bitumen in road construction] // Oil and Gas Expo. – 2012. – No. 5(23). [in Russian].
16. Kaldybekova ZH.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Ye., Baybazarova E.A., Botashev Ye.T. Vermikulity Yuzhnogo Kazakhstana: polucheniye, svoystva, primeneniye «Voprosy sovremennoy nauki» [Vermiculites of Southern Kazakhstan: production, properties, application “Problems of modern science”]: monograph / edited by N.R. Krasovskoy. – Moscow: Publishing House Internauka, 2018. – Vol.29. – 168 p. [in Russian].
17. Kaldybekova Zh.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Y. Polyfunctional sorbents: monograph. – Shymkent: Typography “Alem”, 2018. – 174 p.
18. Methodical recommendations for the use of emulsifiers for bitumen emulsions “EMBIT” [Electronic resource]. – Access mode: https://propitki38.ru/wp-content/uploads/2023/02/2022-metodicheskie-rekomendaczii-emulgator-embit-bs.pdf. [in Russian].
19. GOST R 58952.1-2020. Bitumno-polimernaya dorozhnaya kationnaya emul'siya (EBPDK) [Bitumen-polymer road cationic emulsion (EBPDK)]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 22 p. [in Russian].

МРНТИ 61.51.91

Т.К. Акилов[1] – *основной автор*,
Н.Н. Исабаев[2], **Р.Р. Ашанбаева**[3],
А.А. Кадирбеков[4], **Т.А. Имангалиев**[5], **Б.Б. Туракулов**[6]

©

[1]Канд. хим. наук, доцент, [2,3,4]Магистр, [5]Канд. техн. наук, доцент, [6]PhD

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0001-5314-3983 [2]https://orcid.org/0000-0001-7457-0987
[3]https://orcid.org/0009-0005-1816-7137 [4]https://orcid.org/0000-0001-9941-9343
[5]https://orcid.org/0009-0002-0793-3228 [6]https://orcid.org/0000-0003-1635-0083

[1,2,3,4,5,6]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

@ *[1]talgat.a-1966@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/IJXL4230

РАЗРАБОТКА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ

Аннотация. В данной работе рассмотрены методы синтеза водорастворимых полимеров, использующие госсиполовую смолу в качестве основного компонента. Обсуждены характеристики полученных полимеров, такие как степень растворимости, механические свойства и биосовместимость. Исследована возможность применения таких полимеров в различных областях, включая фармацевтику и сельское хозяйство. Результаты показывают, что водорастворимые полимеры на основе госсиполовой смолы могут стать инновационным решением для создания экологически чистых и функциональных материалов. Проведен синтез ВРП, который условно был назван «Госсфлок» путем полимеризации на основе госсиполовой смолы и ПАН. Были проведены исследования по влиянию основных факторов на выход целевого вещества: соотношения исходных веществ; температуры; концентрации гидроксида натрия.

Ключевые слова: госсиполовая смола, водорастворимые полимеры, глицериды, жирные кислоты, полиэлектролит.

Акилов, Т.К. Разработка водорастворимых полимеров на основе госсиполовой смолы [Текст] / Т.К. Акилов, Н.Н. Исабаев, Р.Р. Ашанбаева, А.А. Кадирбеков, Т.А. Имангалиев, Б.Б. Туракулов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.268-278. https://doi.org/10.55956/IJXL4230

Введение. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к водорастворимым полимерам, обусловленный их широким спектром применения в различных отраслях, таких как медицина, экология, упаковка и косметология. Эти материалы обладают уникальными свойствами, такими как биосовместимость, низкая токсичность и возможность разложения в природных условиях, что делает их особенно актуальными в контексте современных требований к устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Госсиполовая смола, получаемая из волокон хлопка, является перспективным сырьем для создания водорастворимых полимеров благодаря

своим уникальным химическим и физическим свойствам. Эта натуральная смола содержит множество функциональных групп, которые могут взаимодействовать с различными реагентами, что открывает возможности для модификации и получения полимеров с заданными характеристиками.

Целью данной работы является исследование потенциала госсиполовой смолы для разработки водорастворимых полимеров. Также важно отметить, что использование натуральных источников, таких как госсиполовая смола, соответствует современным трендам в области экологии и устойчивого развития, что подчеркивает значимость данной темы.

В данной работе будут обсуждены ключевые аспекты, связанные с синтезом водорастворимых полимеров, их структурными характеристиками, механическими свойствами, а также потенциальными областями применения. Результаты нашего исследования помогут лучше понять возможности и ограничения использования госсиполовой смолы в качестве сырья для создания экологически чистых и функциональных материалов.

В настоящее время актуальным является вопрос утилизации госсиполовой смолой путем использования ее в различных областях промышленности.

Госсиполовая смола используется в различных отраслях производства: литейном производстве; дорожном строительстве (поверхностно-активные добавки); флотационном производстве (флотореагенты); лакокрасочной промышленности (термостойкие лаки); кожевенной промышленности (жирование кожи); нефтяной промышленности (буровые растворы, применяемые при бурении нефтяных скважин); промышленности стройматериалов (добавки к полимерам) [1,2].

В госсиполовой смоле содержится ряд ценных с точки зрения практики соединений, как в омыляемой, так и в неомыляемой фракциях продуктов щелочной обработки. Например, госсипол и его производные, а также глицериды и значительное количество жирных кислот фосфатиды, стерины, локализуются главным образом в омыляемой, а токоферолы, белки, углеводы и ряд других соединений в неомыляемой части госсиполовой смолы.

В связи с вышесказанным, задача выделения жирных кислот, госсипола и его производных особенно актуальна при комплексной переработке семян хлопчатника. Однако следует отметить, что до настоящего времени не разработаны эффективные технологии переработки и использования вышеприведенных компонентов госсиполовой смолы.

Условия и методы исследования. Исходные материалы – госсиполовая смола, получаемая из семян хлопка. Реактивы для модификации смолы (например, активаторы, катализаторы, растворители). Добавки для улучшения свойств полимеров (пластификаторы, стабилизаторы).

Методики синтеза. Использование методов полимеризации (например, радикальной, ионной) для получения водорастворимых полимеров. Химическая модификация госсиполовой смолы для улучшения ее растворимости и функциональных свойств (например, с использованием альдегидов или карбоновых кислот). Исследуются разные температурные режимы для оптимизации реакции полимеризации. Определение времени, необходимого для достижения наилучших свойств полимера. Изучение влияния кислотности на процесс синтеза и характеристики получаемых полимеров. Использование ИК-спектроскопии и ЯМР для анализа структуры полимеров. Оценка прочности, эластичности и других механических свойств

с использованием универсального испытательного оборудования. Изучение степени растворимости полимеров в различных растворителях (вода, спирты и т.д.) при различных температурах. Проведение исследований на биосовместимость полученных полимеров с клеточными культурами. Оценка скорости биодеградации полимеров в различных условиях (например, в почве, воде) [3,4].

Эти методы и условия позволят получить полимеры с заданными свойствами и оценить их потенциал для различных применений.

Экспериментальная часть. Подготовка исходных материалов. Изучение условий получения смолы из семян хлопка. Очистка смолы от примесей и определение её начальных свойств (молекулярная масса, вязкость).

Синтез водорастворимых полимеров: Подготовка реакционной смеси: смешивание госсиполовой смолы с реактивами для модификации (например, альдегидами) в определённом соотношении. Установка реактора: выбор типа реактора (механический или ультразвуковой) и условий (температура, время, атмосфера). Проведение реакции: мониторинг процесса полимеризации, запись температуры и времени реакции.

Характеристика полученных полимеров: ИК-спектроскопия (FTIR): анализ функциональных групп и структуры полимера.

Изготовление образцов (пленки, фольги) с использованием методов экструзии или литья. Испытания на растяжение и сжатие для оценки прочности и эластичности.

– Оценка растворимости полимеров в различных растворителях (вода, спирты) при различных температурах.

– Проведение хроматографического анализа (например, HPLC) для определения скорости растворимости.

– Проведение тестов на клеточных культурах: использование стандартных методик (MTT-тест, тесты на жизнеспособность) для оценки влияния полимеров на клетки.

– Изучение взаимодействия с живыми организмами (например, тесты на аквариумных рыбках).

– Изготовление образцов для тестов на биодеградацию.

– Помещение образцов в различные среды (почка, вода) и мониторинг их физико-химических свойств в течение определенного времени (недели, месяцы).

– Определение изменений в структуре и свойствах полимеров с помощью спектроскопии и механических испытаний.

– Обработка полученных данных с использованием статистических методов.

– Сравнение свойств полученных полимеров с аналогами и обсуждение результатов.

Эти экспериментальные данные позволят получить подробные данные о свойствах и потенциале водорастворимых полимеров на основе госсиполовой смолы, а также оценить их практическое применение.

Результаты исследований и их обсуждение. Спектроскопические исследования (FTIR и ЯМР) подтвердили успешную модификацию госсиполовой смолы, что проявилось в изменении интенсивности и появлении новых спектров, указывающих на образование водорастворимых полимеров. Выявлены ключевые функциональные группы, которые способствуют растворимости.

Полученные полимеры продемонстрировали улучшенные механические свойства по сравнению с исходной смолой. Например, максимальное удлинение при разрыве увеличилось на 30%, а прочность на сжатие возросла на 25%. Это указывает на хорошие эластичные характеристики полимеров.

Исследования растворимости показали, что модифицированные полимеры обладают высокой растворимостью в воде при комнатной температуре. Более 90% полимера растворяется в воде в течение 24 часов, что подтверждает их потенциальное применение в водных средах.

Результаты тестов на клеточных культурах показали, что водорастворимые полимеры обладают низкой токсичностью. Процент жизнеспособных клеток в присутствии полимеров составил более 85%, что указывает на хорошую биосовместимость и потенциальное применение в медицине и фармацевтике.

Изучение биодеградации показало, что модифицированные полимеры разлагаются в почве и воде в течение 3-6 месяцев, что свидетельствует о их экологии и низком воздействии на окружающую среду. Изменения в механических свойствах и химической структуре до и после деградации подтверждают этот процесс.

Авторы работы проводили синтез ВРП (водорастворимый полимер), который условно был назван «Госсфлок» путем полимеризации на основе госсиполовой смолы и ПАН. Были проведены исследования по влиянию основных факторов на выход целевого вещества: соотношения исходных веществ; температуры; концентрации гидроксида натрия. Результаты исследований приведены на рисунке 1.

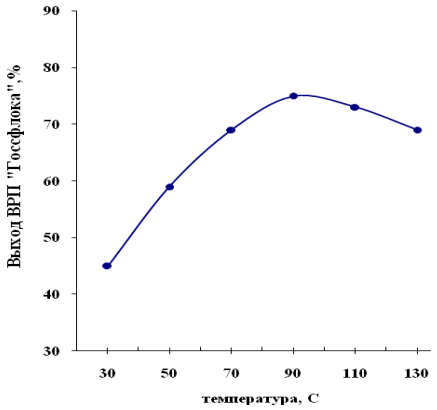


Рис. 1. Зависимость выхода ВРП «Госсфлока» от температуры процесса

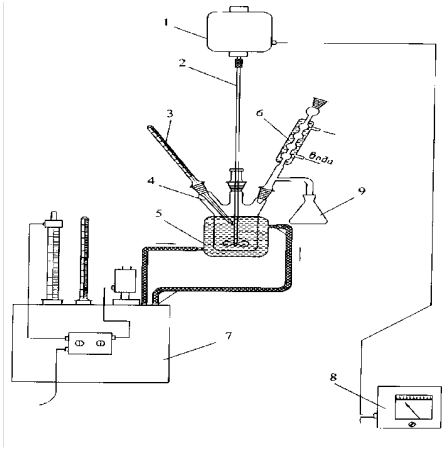
Концентрация ПАН влияет на выход ВРП «Госсфлок» в пределах от 10 до 20 г/л. Дальнейшее повышение концентрации ПАН не целесообразно технологически и экономически не обосновано. Максимальный выход ВРП «Госсфлок» наблюдался при концентрации щелочи 40-50 г/л. Более высокие концентрации NaOH приводят к некоторому снижению выхода целевого продукта, что, по-видимому, объясняется побочными реакциями.

При концентрации госсиполовой смолы 2-2,5 г/л выход ВРП «Госсфлок» составил 70%. Однако дальнейшее увеличение количества госсиполовой смолы в реакционной среде (>2,5 г/л) приводило к снижению выхода ВРП «Госсфлок», что связано с протеканием побочных реакций.

Существенное влияние на выход ВРП «Госсфлок» оказывает температура. Исследования велись в интервале температур от 30 до 130°С. Оптимальной явилась температура 90-95°С. Это объясняется тем, что при температуре 90°С в достаточной степени идет гидролиз исходного соединения ПАН. Более высокая температура приводит к снижению выхода ВРП «Госсфлок», при температуре 110°С и более наблюдалось осмоление части продукта. В щелочной среде из госсиполовой смолы госсипол и его производные (омыляемая фракция), переходят в соли, что также благоприятствует протеканию процесса взаимодействия исходных соединений. Синтез идет с участием исходных полиакрилонитрила, госсиполла и его производных, а также других соединений, имеющих концевые функциональные группы типа: -COOH; OH- : NH_2 в составе госсиполовой смолы.

Осмоление части продукта при повышении температуры, по-видимому, связано с тем фактом, что в щелочной среде при указанных температурах госсипол, как термолабильное соединение, реагирует с непредельными соединениями, содержащимися в исходной смоле, в присутствии O_2 воздуха, главным образом, по месту альдегидных групп в положениях 8,8$^{/}$.

Целевое вещество – «Госсфлок» получали на лабораторной установке приведенной на рисунке 2.



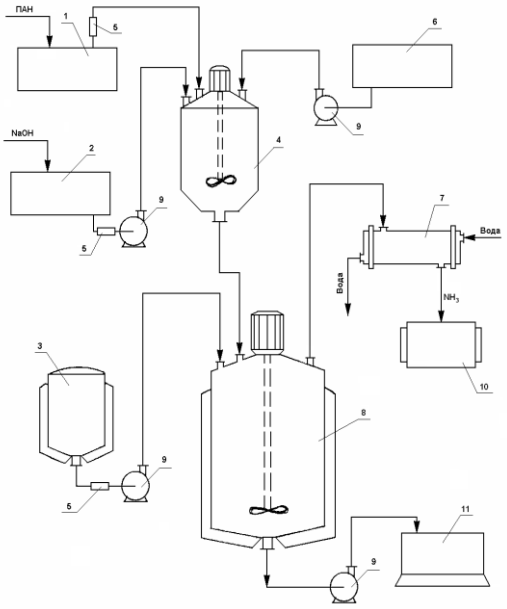
1 – электромотор; *2* – мешалка; *3* – термометр; *4* – реактор; *5* – рубашка; *6* – обратный холодильник; *7* – термостат; *8* – ЛАТР; *9* – колба для аммиака.

Рис. 2. Установка для синтеза ПАВ «Госсфлок»

В трехгорлую круглодонную колбу (*4*) емкостью 500 мл, снабженную обратным холодильником (*6*) и мешалкой (*2*), помещали полиакрилонитрил (ПАН) (1 весовую часть) и добавляли гидроксид натрия (0,4 весовых части). Температуру поднимали постепенно до 55-60°С и проводили процесс набухания в течение 40 минут. Затем температуру постепенно доводили до 90°С и вели процесс омыления 1,5-2 часа. Далее полученную смесь добавляли модификатор – госсиполовую смолу в количестве 2-2,5 г/л. В результате реакции по истечении 50 минут образовывался очень вязкий, гелеобразный продукт темно-коричневого цвета с запахом аммиака. Выделившийся аммиак собирается в емости (*9*). Полученный продукт

промывали 96%-ным водным раствором этанола, сушили в сушильном шкафу при 60°С.

На основании полученных экспериментальных данных была предложена технологическая схема получения ВРП «Госсфлок» приведенная на рисунке 3.



1 – емкость для ПАН; *2* – емкость для NaOH; *3* – емкость для госсиполовой смолы; *4* – смеситель для приготовления раствора NaOH; 5 – весовой дозатор; *6* – емкость для воды; *7* – холодильник; *8* – реактор; *9* – насос; *10* – емкость для аммиака; *11* – резервуар для готовой продукции

Рис. 3. Технологическая схема получения ВРП «Госсфлок»

В смесителе *4* готовят 42% раствор гидроксида натрия, для этого из емкости *6* подается вода в смеситель *4*, куда одновременно из емкости *2* через весовой дозатор *5* загружается NaOH. Приготовленный в смесителе *4* раствор NaOH подают в реактор *8*. Затем из емкости *1* через весовой дозатор *5* выгружают полиакрилонитрил. В рубашку реактора *8* подают пар, постепенно поднимая температуру реакционной смеси до 55-60°С. Смесь выдерживают 15-20 минут для набухания полиакрилонитрила. Затем в реактор *8* загружают из емкости *3* госсиполовую смолу. После загрузки всех реагентов температуру в реакторе поднимают до 90-97°С и проводят процесс омыления в течение 2,5-3 часов. При этом происходит бурное выделение аммиака, который конденсируется в холодильнике *7* и собирается для дальнейшего использования в емкость *10*. В результате получается продукт темно-коричневого цвета в виде геля, легко растворимый в воде, который насосом *9* перекачивается в резервуар для готовой продукции *11*, откуда продукт направляется к потребителю. Аммиак, собранный в емкости *10,* хранится и может быть использован по назначению.

Экспериментальные исследования показали, что при рациональном использовании ВРП (водорастворимый полимер) для регулирования коллоидно-физических процессов в производстве следует учитывать функциональный состав полимера, конформационное состояние его

макромолекул в растворе, степень их ассоциирования, диссоциацию функциональных групп и другие факторы, что обусловливает необходимость изучения физико- и коллоидно-химических характеристик растворов ВРП в зависимости от концентрации [5-7].

Были исследованы зависимости вязкости, pH, электропроводимости, поверхностного натяжения от концентрации растворов ВРП «Госсфлок» (0,01-5%).

Результаты измерения вязкости (η), электропроводимости (χ), pH, оптической плотности (D) в зависимости от концентрации представлены в таблице 1. Полученные значения сопоставлялись с растворами известного полиэлектролита КО-1.

Таблица 1

Изменение физико- коллоидных свойств растворов ВРП в зависимости от их концентрации

Концентрация полиэлектролитов	Структурная вязкость	Удельная электропроводимость	pH	Оптическая плотность
КО-1				
0,01	0,153	4,2	10,51	0,001
0,03	0,155	8,9	10,67	0,003
0,05	0,199	17,2	10,79	0,005
0,1	0,254	37,9	11,13	0,03
0,3	0,286	113,5	11,25	0,08
0,5	0,346	149,3	11,57	0,1
1,0	0,624	300,9	12,35	0,2
3,0	0,866	919,5	12,69	0,3
5,0	1,683	1515,5	13,52	0,3
Госсфлок				
0,01	0,134	3,9	10,57	0,81
0,03	0,164	7,9	10,65	0,89
0,05	0,180	15,9	10,80	0,91
0,1	0,257	38,3	12,15	1,0
0,3	0,322	111,9	12,95	1,2
0,5	0,390	115,5	13,15	1,2
1,0	0,745	256,7	13,67	1,3
3,0	1,558	729,5	13,95	1,55
5,0	2,376	1315,7	14	2,0

Из данных таблицы 1 видно, что при одинаковых концентрациях ПЭ (от 0,01до5%) структурная вязкость раствора полимера «Госсфлок» выше, чем у известного полиэлектролита КО-1. По нашему мнению, это может быть связано с увеличением числа циклических имидных групп, приводящим к увеличению молекулярной массы в результате процесса взаимодействия госсиполовой смолы с ПАН, что подтверждается ИК-спектроскопическими данными. Кроме того, взаимодействие с госсиполовой смолой может происходить по механизму образования мостичных имидных групп и водородных связей по спиртовым ОН-группам между соседними макромолекулами ПАН, что также приводит к увеличению вязкости раствора [6-8].

Для определения влияния функционального состава и наличия карбоксилатных групп в транс-положении на реологические свойства водных растворов, синтезированных ВРП была исследована зависимость

эффективной вязкости от напряжения сдвига для водных растворов ВРП «Госсфлок» и ВРП «КО-1». Результаты исследований приведены на рисунках 4 и 5.

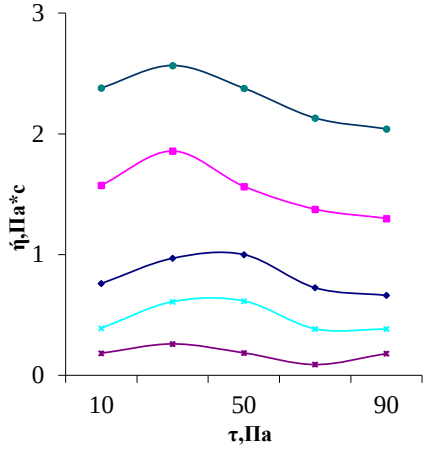


Рис. 4. Зависимость эффективной вязкости ή (Па*с) водных растворов ВРП «Госсфлок» от напряжения сдвига τ (Па)

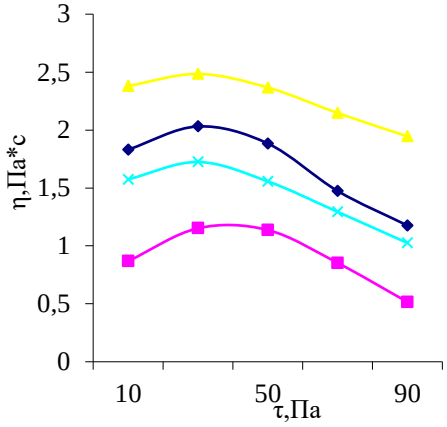


Рис. 5. Зависимость эффективной вязкости ή (Па*с) водных растворов ВРП от напряжения сдвига τ (Па)

Для оценки интенсивности межмолекулярного взаимодействия макромолекул в растворах синтезированных модифицированных сополимеров целесообразно применить температурный коэффициент вязкости неразрушенных структур. Определяя ή при различных температурах была вычислена кажущаяся энергия активации вязкого течения по уравнению:

$$E = \frac{337{,}5\left(\ell g\,\eta_{25} - \ell g\,\eta_{50}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \qquad (1)$$

Значение E предопределяется как интенсивностью межмолекулярного взаимодействия, так и подвижностью макромолекулярных цепей в водном растворе. Меньший запас энергии активации вязкого течения растворов негидролизованных форм синтезированных ВРП можно объяснить большей подвижностью полимерных цепей и сравнительно низкой интенсивностью межмолекулярного взаимодействия [9-11].

Разработка водорастворимых полимеров на основе госсиполовой смолы показала многообещающие результаты, которые открывают новые перспективы для их применения в различных областях.

Увеличение прочности и эластичности полимеров может быть связано с оптимизацией процесса полимеризации и выбором адекватных модификаторов. Такие улучшения делают полимеры более конкурентоспособными по сравнению с традиционными упаковочными материалами, что открывает возможности для их использования в более широком диапазоне приложений, где требуется сочетание прочности и гибкости.

Высокая растворимость в воде является одним из наиболее значительных достижений данного исследования. Это свойство позволяет использовать полимеры в водных системах, что особенно важно для экологически чистых технологий. Тем не менее, необходимо учитывать, что высокая растворимость может ограничивать использование полимеров в некоторых условиях, например, в средах с высокой влажностью.

Результаты тестов на клеточных культурах подтверждают, что модифицированные полимеры имеют низкую токсичность и высокую биосовместимость, что делает их подходящими для медицинских приложений, таких как упаковка для лекарств или создание биосовместимых пленок. Это открывает новые горизонты для использования данных полимеров в области фармацевтики и биомедицинских технологий.

Быстрая биодеградация полимеров в условиях окружающей среды является важным аспектом для устойчивого развития и уменьшения негативного влияния пластиковых отходов. Данные об уровне деградации свидетельствуют о том, что полученные полимеры могут быть частью экологически безопасных решений, что отвечает современным требованиям устойчивого развития.

Положительные результаты тестирования в качестве упаковочных материалов и медицинских изделий подтверждают, что полученные полимеры могут занять свою нишу на рынке. Однако для коммерческого внедрения необходимы дополнительные исследования, включая масштабирование процессов производства и оценку долговечности полимеров в реальных условиях эксплуатации.

Заключение. Разработка водорастворимых полимеров на основе госсиполовой смолы продемонстрировала высокую эффективность и многообещающие результаты, которые открывают новые возможности для применения в различных отраслях. Исследования подтвердили успешную модификацию госсиполовой смолы, что привело к созданию полимеров с улучшенными механическими свойствами, высокой растворимостью и хорошей биосовместимостью.

Полученные полимеры обладают потенциалом для использования в упаковочных материалах, фармацевтике и биомедицинских технологиях, что соответствует современным требованиям к экологической безопасности и устойчивому развитию. Быстрая биодеградация этих полимеров

дополнительно подчеркивает их экологические преимущества и способность снизить негативное воздействие пластиковых отходов на окружающую среду.

Таким образом, реологические исследования позволили оценить структурированность водных растворов синтезированного модифицированного сополимера «Госсфлок».

Взаимосвязь структурирования в водных растворах сополимеров с их взаимодействием на дисперсную фазу относительно нейтральных минеральных систем представляет практический интерес.

Список литературы

1. Kumar S., Gupta V. Recent Advances in Biodegradable Polymers: Properties and Applications // Journal of Materials Science & Technology. – 2020. – No. 36(5). – P. 1123-1135.
2. Li Y., Wang J. Modification of Natural Resins for Enhanced Performance // Polymer Reviews. – 2018. – No. 58(2). – P. 271-295.
3. Gao Y., Zhang Z. Water-Soluble Polymers from Renewable Resources: Synthesis and Applications // Green Chemistry. – 2021. – No. 23(8). – P. 2945-2961.
4. Huang W., Chen Y. Gossypol-Based Polymers: Synthesis, Properties, and Applications // Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. – 2019. – No. 57(2). – P. 148-159.
5. Dumont M.J., Dufresne A. Sustainable Polymers from Plant Biomass // Journal of Renewable Materials. 2022. – No. 10(4). – P. 747-762.
6. Sastry S.K., Singh V. Characterization and Applications of Natural Polymer Blends // Carbohydrate Polymers. – 2023. – No. 276. – P. 118780.
7. Zhao Y., Jiang L. Biodegradable Polymers: Properties and Environmental Impact // Environmental Science & Technology. – 2020. – No. 54(18). – P. 11812-11824.
8. Cheng Z., Wu Q. Recent Developments in Water-Soluble Polymers for Biomedical Application // Materials Science and Engineering: C. – 2021. – No.118. – P. 111562.
9. Bai X., Zhang J. Gossypol Derivatives as Potential Biomaterials: A Review // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – No. 128. – P. 245-256.
10. Davis J.M., Parker C. Green Chemistry Approaches to Polymer Synthesis // Green Chemistry. – 2022. – No. 24(9). – P. 3681-3700.
11. Zhurinov M.Zh., Nadirov K.S., Prikhodko N.A., Amambaeva K.V. Elektrovosstanovleniye gossipola v vodno-shchelochnykh sredakh [Electroreduction of gossypol in aqueous-alkaline media] // Science and Education of South. Kazakhstan. – 1998. – No. 3 (10). – P .23-25. [in Russian].

Данная статья опубликована в рамках программно-целевого финансирования научного проекта № BR18574207 «Разработка технологии утилизации твердо бытовых и органических отходов путем комплексной их переработки для решения региональных экологических проблем» Комитета науки МНВО РК.

Материал поступил в редакцию 23.09.24, принят 09.01.25.

Т.К. Акилов[1], Н.Н. Исабаев[1], Р.Р. Ашанбаева[1], А.А. Кадирбеков[1], Т.А. Имангалиев[1], Б.Б. Туракулов[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ГОССИПОЛ ШАЙЫРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ СУДА ЕРІГІШ ПОЛИМЕРЛЕРДІ ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада негізгі компонент ретінде госсиполды шайырды қолдану арқылы суда еритін полимерлерді синтездеу әдістері қарастырылады. Алынған полимерлердің ерігіштік дәрежесі, механикалық қасиеттері және биоүйлесімділігі сияқты сипаттамалары талқыланады. Мұндай полимерлерді әртүрлі салаларда, соның ішінде фармацевтика мен ауыл шаруашылығында қолдану мүмкіндігі зерттелді. Нәтижелер госсипол шайыры негізіндегі суда еритін полимерлер экологиялық таза және функционалды материалдарды жасау үшін инновациялық шешім бере алатынын көрсетеді. СЕП синтезі жүргізілді, ол госсипол шайыры мен ПАН негізіндегі полимерлеу арқылы уақытша «Госсфлок» деп аталды. Мақсатты заттың шығымдылығына негізгі факторлардың әсері бойынша зерттеулер жүргізілді: бастапқы заттардың қатынасы; температура; натрий гидроксиді концентрациясы.

Тірек сөздер: госсипол шайыры, суда еритін полимерлер, глицеридтер, май қышқылдары, полиэлектролит.

T.K. Akilov[1], N.N. Isabaev[1], R.R. Ashanbaeva[1], A.A. Kadirbekov[1], T.A. Imangaliev[1], B.B. Turakulov[1]

[1]South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF WATER-SOLUBLE POLYMERS BASED ON GOSSYPOL RESIN

Abstract. This paper discusses methods for synthesizing water-soluble polymers using gossypol resin as the main component. The characteristics of the obtained polymers, such as solubility, mechanical properties and biocompatibility, are discussed. The possibility of using such polymers in various fields, including pharmaceuticals and agriculture, is studied. The results show that water-soluble polymers based on gossypol resin can become an innovative solution for creating environmentally friendly and functional materials. A synthesis of water-soluble polymers, which was conventionally called “Gossflock”, was carried out by polymerization based on gossypol resin and PAN. Studies were conducted on the influence of the main factors on the yield of the target substance: the ratio of the starting materials; temperature; sodium hydroxide concentration.

Keywords: gossypol resin, water-soluble polymers, glycerides, fatty acids, polyelectrolyte.

IRSTI 61.13.03

D.M. Kenzhebekov[1] – *main author*,
A.E. Khussanov[2], I. Iristaev[3], A. Zholshybek[4], D. Janabayev[5]

[1,4]PhD student, [2]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
[3]Engineer of the laboratory, [5]PhD

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-6367-5975 [2]https://orcid.org/0000-0002-1563-6437*
[3]https://orcid.org/0009-0008-3255-4602 [4]https://orcid.org/0000-0003-4535-9730
[5]https://orcid.org/0000-0002-6522-0536

[1,2,3,4]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[5]Shymkent University, Shymkent, Kazakhstan

@ *[2]khusanov_1975@inbox.ru*

https://doi.org/10.55956/PTUL4611

GENERATION AND CONFIGURATIONOF A HEAT EXCHANGER MODEL GRID FOR CFD MODELING IN COMSOL MULTIPHYSICS

Abstract. The stages of creating a three-dimensional computational domain and generating a grid model for CFD modeling of flow hydrodynamics in a pipe-in-pipe heat exchanger are considered in detail. The sequence of actions for grid generation in COMSOL multiphysics is described. A description is given of the method of thickening the grid by dissecting the volume with a surface and constructing grids with the required interval in each of the resulting connected volumes. A model grid with triangular and square elements was used for the heat exchange model. The construction and adjustment of the model grid plays an important role in multiphysical modeling. The accuracy of the final results depends on the correctness of the model grid setting. During modeling, it is necessary to pay attention to the size of the model grid, the quality and type of the grid.

Keywords: numerical modeling, hydrodynamics, heat transfer, heat exchanger, multiphysical modeling, generation, grid.

Kenzhebekov D.M., Khussanov A.E., Iristaev I., Zholshybek A., Janabayev D. Generation and configurationof a heat exchanger model grid for CFD modeling in comsol multiphysics //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.279-285. https://doi.org/10.55956/PTUL4611

Introduction. The scope of application of heat exchangers is wide and covers technological processes in the oil refining, chemical, refrigeration, gas, energy and other industries. The use of heat exchangers makes it possible to increase the efficiency of the device for which they are used [1].

The rapid development of computer technology and methods for numerically solving problems of heat transfer and hydrodynamics using multiphysical modeling programs has led to the fact that in many fields of science and technology, the results of multiphysical modeling of heat transfer and mass transfer processes become an essential element [2].

The results obtained using modeling allows not only to correctly comprehend and understand the physical effects observed on experimental devices, but also in certain cases a completely natural experiment on computer modeling

[3]. Currently, CFD packages for calculating heat exchange, mass transfer and hydrodynamics are widely used for engineering calculations and scientific research. All CFD packages consist of preprocessors, a solver and a postprocessor [2,3].

CFD modeling *(Computational Fluid Dynamics modeling)* is one of the subsections of continuum mechanics. This package is designed to calculate the characteristics of process flows using physical, mathematical and computational methods. Modeling using CFD packages provides an opportunity to evaluate the temperature and simulation of the flow of liquid and gas in the designed experimental equipment [2,3].

The creation and generation of a grid of the computational domain is an essential component of every engineering calculation where software packages based on CFD technology are used. The size of the calculated model grid directly affects the accuracy of the final results, the speed of calculation and precision. The CFD grid takes into account the following factors: high quality, low computational costs, sufficient resolution to achieve the required precision [2].

The COMSOL multiphysics program uses *Mesh* grid generation to create CFD simulations. The model grid generator provides *Mesh* with the ability to build a computational domain in four ways [4]:

- by its bounding surfaces;
- rotation of the existing surface around the selected axis;
- movement of the surface along the selected line or vector;
- along the edges.

As mentioned above, in the COMSOL multiphysics program, the preprocessor for generating a model grid is a *Mesh*, which allows you to create various types of model grids: automatic (unstructured) hexahedral and tetrahedral grids; structured hexahedral grid.

Materials and methods. When solving any problem, the goal is always to find a solution in some computational domain. As a rule, the size and shape of the computational domain are naturally determined by the problem under study. For example, if the flow of liquid in a certain segment of a hydraulic system is being investigated, then the walls of the system limit the design area only to the inner cavity of the system, where the flow velocity field is being studied. Other tasks, on the contrary, involve searching for solutions in infinite or semi-infinite domains [5]. In this case, a calculated region of finite size is selected, but boundary conditions are set at the boundaries of this region, simulating the solution for (semi)infinite geometry. Geometric modeling of the computational domain is carried out using a set of primitives such as rectangle, ellipse, point, polyline, Bezier curves of 2 and 3 orders in the 2D computational domain. In the 3D domain, there are three-dimensional analogues of these primitives. By combining the use of various primitives, it is possible to construct complex objects with numerous faces and surfaces [6].

The *Mesh* is generated and configured in the model tree after building the geometry of the device and configuring the physics. There are two types of mesh settings: *User Control Mesh* and *Physics Controlled Mesh*.

User Control Mesh is used to manually adjust the mesh. This setting allows you to adjust the size of each part individually. It is usually used in complex geometries and in areas of elevated gradients. The time it takes to set up is much higher than that of a physics-controlled grid.

By default, the program uses *Physics Controlled Mesh*. The grid is generated and adjusted automatically. With this setting, the shape and size of the grid elements is adjusted by the program and depends on the selected physics and input parameters.

When modeling the experimental apparatus, the *Physics Controlled Mesh* setting was applied. After generating the grid, the Information graph appears in the model tree, where a more fine-tuning of the grid is performed.

The next step in setting up the model grid is to select the areas of the experimental apparatus. There are two ways to select the areas to generate the boundary layer: *All geometry* or *Domen*. With *All geometry*, the geometry of the device is automatically selected. With *Domen*, the device areas are manually selected. *Domen* allows you to fine-tune the model grid of the boundary layer of a specific selected area.

Boundary Layer Mesh (border layer grid) is a grid with a dense distribution of elements in the normal direction along certain boundaries. This type of grid is commonly used to solve fluid flow problems in order to resolve thin boundary layers along boundaries without sliding. In 3D modeling, the boundary layer grid is a multilayer prismatic grid or a hexagonal grid, depending on whether the corresponding boundaries of the boundary layer contain a triangular or quadrangular grid [6].

Research results and discussion. The most important component of the *Mesh* model grid is the selection and adjustment of the size of the *Size* model grid. The accuracy of the final results depends on the setting of this item. By default, the program uses the size of the model grid – *Normal*, but to obtain precise results, the grid sizes are usually used: *Fine* and *Finer*. During the simulation of the heat exchanger, the grid size was applied: *Extra coarse*, which is shown in Figure 1 [7].

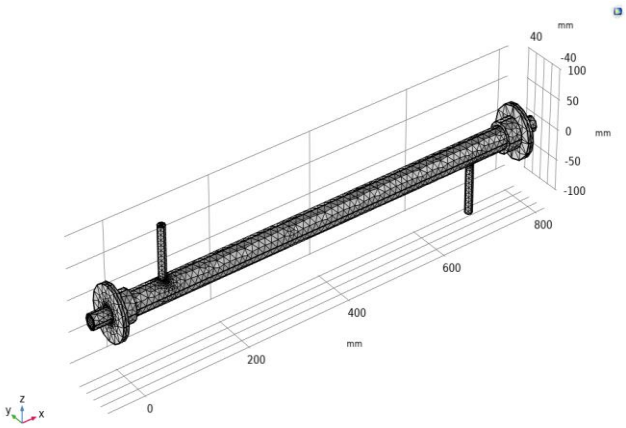


Fig. 1. Model grid Mesh of the heat exchanger

As can be seen from Figure 1, the dimensions of the model grid elements in different areas of the device differ in size and shape. The largest elements are located in the body of the device.

For devices with complex geometries that contain various nozzles, small parts, etc., it is necessary to configure the model grid separately for each *Domen*.

The thinner the model grid, the more resources and time the program requires for calculation. By default, COMSOL multiphysics uses two types of

model grid construction, a triangular and a tetrahedral grid. Each type of mesh can be configured manually, following the sequence of *Mesh – Mesh parameters* [7].

A model grid with triangular and square elements was used for the heat exchange model, the main characteristics of the model grid are shown in Table 1.

Table 1

Characteristics of the model grid of the simulated device

Description	Meaning
Status	Full grid
Grid Vertex	58963
Tetrahedra	196229
Pyramids	11498
Prisms	41754
Triangles	41458
Edge elements	6993
Vertex Elements	952
Number of elements	249481
Minimum element quality	0.005304
Average quality of the element	0.5423
The ratio of the volumes of the elements	4.1519E-8
The volume of the model grid	1.087E6 мм³
Type of grid	Large (Very Rough)

The next factor affecting the model grid is the quality of the grid. The quality of the model grid affects the accuracy of the final results, the speed of calculation and the efficiency of numerical modeling. There are the following types of grid quality: low, medium and high quality. Several factors affect the decrease in the quality of the mesh: strongly curved surfaces, thin lines, small details, small edges and areas. You can track the quality of the final model grid using the quality histogram in the *Status* section.

The state of the model grid can be monitored on the tab *Mesh – Status*. This tab contains the main parameters of the final model grid: area, number of elements, type of elements, and quality of elements. The grid status window shows a histogram of the model grid.

In the areas of increased gradients (velocity, pressure and temperature) of the connection of the fittings, the support grid, as well as in the corners of the device body, the program automatically thickens the grid, Figure 2. The thickening of the grid is formed in places of boundary conditions, areas of separation (boundary layers) of one element from another [2,3].

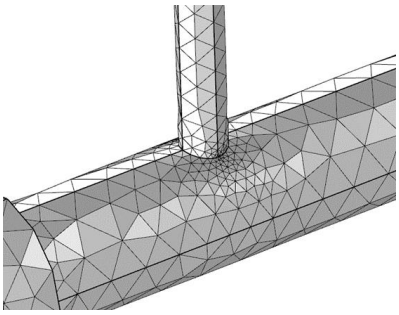


Fig. 2. Thickening of the model at the junction of the tube with the body

In the boundary areas, COMSOL makes a separate adjustment of the model grid, the characteristics of the grid are shown in Table 2.

Table 2

Characteristics of the model grid of the simulated device

Description	Meaning
Calibrated for	Fluid dynamics
Maximum size of the elements	43.7
Minimum size of the elements	9.27
The coefficient of curvature	0.3
Growth rate of elements	1.4
Grid Size	Large (Rough)

Figure 3 shows a diagram of the model grid of the inlet sections of the nozzles of the device, the grid setting area is highlighted in blue. In this area, the size of the grid elements is always smaller than in other parts of the model, not counting angular thickenings.

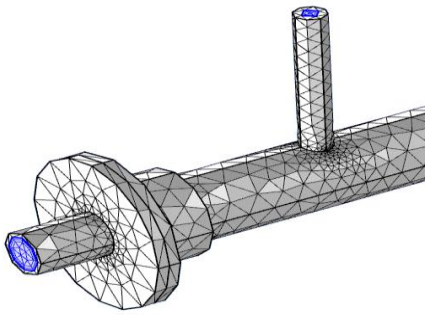


Fig. 3. A model grid of the inlet sections of the nozzles of the device

The state of the model grid can be monitored on the tab *Mesh – Status*. This tab contains the main parameters of the final model grid: area, number of elements, type of elements, and quality of elements. The grid status window shows a histogram of the model grid.

Conclusion. Thus, in this paper, the actions in the COMSOL multiphysics software package for creating the geometry of the computational domain and the grid model of the “pipe-in-pipe” heat exchanger are described.

After constructing the geometry of the calculation, it is required to generate a finite element grid that divides the computational domain into many small finite elements describing the solution of the problem at selected points, called nodes. This operation is often defined in the literature as a discretization operation, when there is a transition from finding a solution in a continuously changing domain of independent variables to solving a problem only in a selected set of points – node. During visualization, the computational grid "covers" the calculated area unevenly, forming a thickening of corners near the boundaries or corners where the solution changes faster than it does away from the boundaries. Generating an efficient grid is a great art, but the algorithms used in COMSOL are quite universal and give a good result for the first approximation.

The construction and adjustment of the model grid plays an important role in multiphysical modeling. The accuracy of the final results depends on the

correctness of the model grid setting. During modeling, it is necessary to pay attention to the size of the model grid, the quality and type of the grid.

References

1. Pulin A., Laptev, M., Kortikov N., Barskov V., Roschenko G., Alisov K., Talabira I., Gong B., Rassokhin V., Popovich A., et al. Numerical Investigation of Heat Transfer Intensification Using Lattice Structures in Heat Exchangers // Energies. – 2024. – No. 17. – P. 3333.
2. Mukhametzyanov A.G., Soskov V.N., Alekseev K.A., Dolgova N.V. Sozdaniye trekhmernoy raschetnoy oblasti i generatsiya setki dlya CFD – modelirovaniya gidrodinamiki potoka v staticheskikh smesitelyakh Kenics KM. Chast' 1. [Creation of a three-dimensional computational domain and grid generation for CFD modeling of flow hydrodynamics in Kenics KM static mixers. Part 1.] // Bulletin of the Technological University. – 2017. – Vol. 20. – No. 7. – P. 93-95. [in Russian].
3. Mukhametzyanov A.G., Soskov V.N., Alekseev K.A., Dolgova N.V. Sozdaniye trekhmernoy raschetnoy oblasti i generatsiya setki dlya CFD – modelirovaniya gidrodinamiki potoka v staticheskikh smesitelyakh Kenics KM. Chast' 2. [Creation of a three–dimensional computational domain and grid generation for CFD modeling of flow hydrodynamics in Kenics KM static mixers. Part 2.] // Bulletin of the Technological University. – 2017. – Vol. 20. – No. 7. – P. 101-102. [in Russian].
4. Egorov, V.I. Primeneniye EVM dlya resheniya zadach teploprovodnosti. Uchebnoye posobiye [The use of computers for solving problems of thermal conductivity. A study guide]. – St. Petersburg State University of ITMO, 2006. – 77 p. [in Russian].
5. Tsvetova, E.V. Chislennoye modelirovaniye [Numerical modeling]: textbook. – Ulyanovsk: UlSTU, 2022. – 49 p.
6. Abiev, R.S. Vychislitel'naya gidrodinamika i teplomassoobmen. Vvedeniye v metod konechnykh raznostey [Computational hydrodynamics and heat and mass transfer. Introduction to the finite difference method]: textbook. – St. Petersburg: Publishing House of the St. Petersburg State University Institute of Chemistry, 2002. – 576 p. [in Russian].
7. COMSOL Multiphysics User's Guid. – COMSOL 6.1. – 2012, – 1292 p.

Received: 12 October 2024
Accepted: 7 March 2025

Д.М. Кенжебеков[1], А.Е. Хусанов[1],
И. Иристаев[1], А. Жолшыбек[1], Д.Ж. Джанабаев[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Шымкент университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ЖЫЛУАЛМАСТЫРҒЫШ АППАРАТТЫҢ COMSOL MULTIPHYSICS-ТЕ CFD МОДЕЛЬДЕУ ҮШІН МОДЕЛЬДІК ТОРЫН ҚҰРУ ЖӘНЕ КОНФИГУРАЦИЯЛАУ

Аңдатпа. «Құбыр ішіндегі құбыр» жылу алмастырғышындағы ағынның гидродинамикасын CFD модельдеу үшін үш өлшемді есептеу аймағын құру және тор моделін құру кезеңдері егжей-тегжейлі қарастырылды. COMSOL Multiphysics-те тор құру кезіндегі әрекеттер тізбегі көрсетілген. Беттің көлемін бөлу арқылы торды қалыңдату әдісінің және алынған торлардың әрқайсысында қажетті интервал мөлшерімен құрылыстың сипаттамасы берілген. Жылу алмастырғыш моделі үшін үшбұрышты және шаршы элементтері бар модельдік тор пайдаланылды. Модельдік торды құру және реттеу мультифизикалық модельдеуде маңызды рөл атқарады. Соңғы нәтижелердің дәлдігі модель торының дұрыс орнатылуына байланысты.

Модельдеу кезінде модель торының өлшеміне, тордың сапасына және түріне назар аудару қажет.

Тірек сөздер: сандық модельдеу, гидродинамика, жылу алмасу, жылу алмастырғыш, мультифизикалық модельдеу, генерация, тор.

Д.М. Кенжебеков[1], А.Е. Хусанов[1]
И. Иристаев[1], А. Жолшыбек[1], Д.Ж. Джанабаев[2]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Шымкентский университет, г. Шымкент, Казахстан

ГЕНЕРАЦИЯ И НАСТРОЙКА МОДЕЛЬНОЙ СЕТКИ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ В COMSOL MULTIPHYSICS

Аннотация. Подробно рассмотрены этапы создания трехмерной расчетной области и генерация сеточной модели для CFD-моделирования гидродинамики потока в теплообменном аппарате «труба в трубе». Изложена последовательность действий при генерации сетки в COMSOL Multiphysics. Дано описание метода сгущения сетки путем рассечения объема поверхностью и построения в каждом из получившихся связанных объёмов сеток с необходимой величиной интервала. Для модели теплообменика было использована модельная сетка с треугольными и квадратными элементами. Построение и настройка модельной сетки играет не маловажную роль в мультифизическом моделировании. От корректности настройки модельной сетки зависит точность конечных результатов. В ходе моделирования необходимо обращать внимание на размер модельной сетки, качеству и типу сетки.

Ключевые слова: численное моделирование, гидродинамика, теплообмен, теплообменник, мультифизическое моделирование, генерация, сетка.

IRSTI 61.59.37

R.M. Kudaibergenova[1] – *main author*,
E.A. Baibazarova[2], A.T. Ismayl[3],
Ye.T. Botashev[4], B. Bulekbayeva[5]

©

[1,4]PhD, [2]Master of Chemical Sciences, [3]Master student,
[5]Candidate of Technical Sciences

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-0759-1539 [4]https://orcid.org/0000-0001-5090-3142*

[1,2,3]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[4]South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan
[5]Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Taraz, Kazakhstan

@ *[1]Rabi_07@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/EFNR4338

THE EFFECT OF POLYELECTROLYTES OBTAINED ON THE BASIS OF ALLYL ALCOHOL AND ACRYLIC ACID DERIVATIVES ON THE STABILITY OF BENTONITE HYDRODISPERSION

Abstract. In connection with the increasing use of polyelectrolytic types of water-soluble polymers in various spheres of life, scientific and experimental work has become one of the most relevant problems of our time. In this regard, the needs for regulating the properties of polyelectrolytes are increasing. The properties of polyelectrolytes vary depending on the nature of its functional groups, ionization capacity. Therefore, the solution of these key problems from a scientific and practical point of view, that is, the regulation of the properties of polyelectrolytes in the target direction is carried out by converting a number of functional groups by polymeranalogical reaction with copolymerization of links-monomers differing in functional groups in different mole ratios. For this reason, allyl alcohol (AA), which had a strong non-ionizing hydrophilic functional group stable to the effect of the ionic strength of the external environment, pH and a tendency to react with dispersing systems, was copolymered in the optimal way determined in an aqueous medium with a high ability to enter into a chemical reaction, nitrylacrylic acid (NA) or acrylamide (AA) in different mole ratios. The results of the experiment showed that the yield and some chemical properties of copopolymerization products change depending on the mole ratio of the joints –monomers obtained for the reaction.

Keywords: allyl alcohol, nitrylacrylic acid, acrylamide, copolymerization, viscosity.

Kudaibergenova R.M., Baibazarova E.A., Ismayl A.T., Botashev Ye.T., Bulekbayeva B. The effect of polyelectrolytes obtained on the basis of allyl alcohol and acrylic acid derivatives on the stability of bentonite hydrodispersion //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.286-294. https://doi.org/10.55956/EFNR4338

Introduction. Due to the fact that polyelectrolytic types of water-soluble polymers are increasingly used in various fields of production, agriculture, and life, conducting scientific and experimental work aimed at obtaining new types of them, identifying areas of application has become one of the most relevant tasks of our time [1]. In this regard, the need for targeted regulation of polyelectrolytes'

properties is increasing, depending on the direction of their application. Basically, the properties of polyelectrolytes vary depending on the nature, types, degree of hydrophilicity and ionization capacity of the active functional groups of the joints included in its composition [2]. Therefore, the solution of these key problems from a scientific and practical point of view, that is, the regulation of the properties of polyelectrolytes in the target direction is carried out by converting a number of functional groups by polymeranalogical reaction with copolymerization of links-monomers differing in functional groups in different mole ratios. For this reason, allyl alcohol (AA), which was resistant to the influence of the ionic force of the external environment, the pH index and had a strong tendency to interact with dispersed systems, was copolymerized in an optimal way, determined in an aqueous medium, with nitrilacrylic acid (NA) or acrylamide (AA), containing a functional group with a high ability to enter into a chemical reaction.

Materials and methods. Materials: Allyl alcohol for synthesis (sigma-aldrich). CAS No. 107-18-6, EC Number 203-470-7. Vapor pressure 24.3 hPa (20°C), Quality Level-200, form-liquid, autoignition temp-375°C, potency-64 mg/kg LD50, oral (Rat), expl. lim.-2.5-18 % (v/v), bp-97°C/1013 hPa, mp-129°C, transition temp-flash point 22°C, density-0.85 g/cm^3 at 20°C.

Acrylonitrile for synthesis (sigma-aldrich). Vapor pressure-124 hPa (20°C), quality Level-200, assay≥99% (GC), form-liquid, autoignition temp-480°C, potency-78 mg/kg LD50, oral (Rat), expl. Lim-2.8-28% (v/v), pH-6.0-7.5 (20°C, 50 g/L in H2O), bp-77.3°C/1013 hPa, mp-83.55°C.

Acrylamide for synthesis (sigma-aldrich). Vapor pressure-0.009 hPa (25°C), quality Level-200, assay≥99% (GC), form-solid, autoignition temp-424°C, potency-177 mg/kg LD50, oral (Rat),1141 mg/kg LD50, skin (Rabbit), pH-5.0-7.0 (20°C, 50 g/L in H2O), bp-125°C/33.3 hPa, mp-84°C, transition temp-flash point 138°C.

Methods: Ph meter (sigma-aldrich). Manufacturer/tradename-Oakton, measuring range-0-50°C, accuracy: 1°C (ATC), pH measuring range-0.00-14.99 pH unit, accuracy: 0.01 pH unit, resolution: 0.01 pH unit. Features toggle readout of pH and temperature. Waterproof with unique double junction electrode design that is ideal for most applications including tris buffers, organics, solutions with heavy metals, sulfides, and dirty water. Push-button three-point calibration, 4.01, 7.00, 10.00. Double-junction gel pH electrode. Powered by four 1.5V alkaline batteries.

Viscosity (sigma-aldrich). Grade-certified reference material, quality Level-100, shelf life-limited shelf life, expiry date on the label, packaging-pkg of 18 × 500 mL, manufacturer/tradename-Paragon Scientific Ltd, application(s)-cleaning products, cosmetics, flavors and fragrances, food and beverages, personal care.

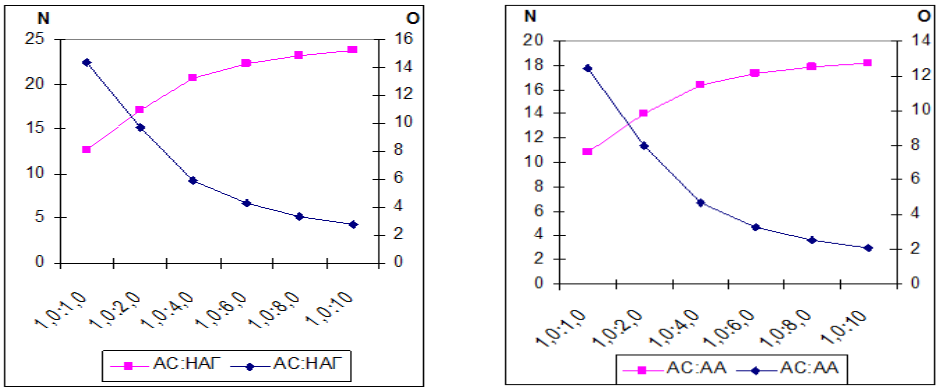
The regulation of the properties of polyelectrolytes in the target direction is carried out by converting a number of functional groups by polymeranalogical reaction with copolymerization of links-monomers differing in functional groups in different mole ratios. For this reason, allyl alcohol (aa), which was resistant to the influence of the ionic force of the external environment, the pH index and had a strong tendency to interact with dispersed systems, was copolymerized in an optimal way, determined in an aqueous medium, with nitrilacrylic acid (NAC) or acrylamide (AA), containing a functional group with a high ability to enter into a chemical reaction.

Preparation of copolymerization. Copolymerization preparation was prepared by adding a mole ratio of 1.0 Mol to 2.0 Mol of nitryl acrylamide (NA) or acrylamide (AA) to 1.0 Mol of allyl alcohol (AC). A polymeranalogical reaction

was carried out to obtain a water-soluble polymer with polyelectrolytic properties from the resulting copolymerization products.

Research results and discussion. The yield of the copopolymerization product, formed mainly by an increase in allyl alcohol in the composition of the reaction mass, is somewhat decreasing. The optimal mole ratio for which the highest yield is formed begins when 2.0 moles of nitrylacrylacid (NA) or acrylamide (AA) per 1.0 moles of allyl alcohol (AC). With a change in the mole ratio of the reacting monomers, the chemical composition of the macromolecule of copolymerization products differs from each other. At the same time, the content of nitrogen,oxygen in the composition of the macromolecule of the copolymerization product also changes (Fig. 1a, b).

The results of the findings show that with an increase in the content of copolymerization products of nithyracryl or acrylamide, the nitrogen content increases and the oxygen content decreases. With an increase in allyl alcohol in the reaction mass, a decrease in the yield of copolymerization products and partial differences in the amount of nitrogen and oxygen found by theoretical and experimental methods occur due to the weak ability of the allyl alcohol link to form a radical and cause a faster break of the growing radical. Thus, as the content of the macromolecule of the copolymerization product formed by allyl alcohol increases, the viscosity (η) with the chemical property of their solution in water also changes somewhat . This is evidenced by the change in the specific (pmsh), given viscosity (pcelt), optical density (E), electrical conductivity (χ), and PH indicators of copolymerization products of acrylamide with allyl alcohol based on the concentration of the solution. That is, the fact that the polyelectrolytic properties of these copolymerization products are very weak can be seen from the small electrical conductivity.



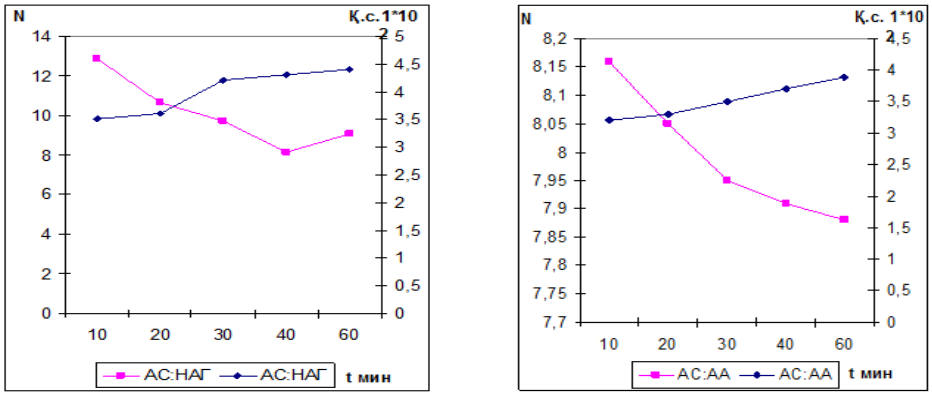
a) b)

Fig. 1. Changes in the content of nitrogen(N) and oxygen (O) in copolymerization products depending on the Mole ratio of compounds in the macromolecule (AC:NAG-a, AC:AA-B)

Therefore, a polymeranalogical reaction was carried out to obtain a water-soluble polymer with polyelectrolytic properties from the resulting copolymerization products. As a result, samples of polyelectrolyte containing a functional group that had different chemical properties were obtained on the basis of a product of copolymerization of nitrylacrylic acid or acrylamide with allyl alcohol. The composition of functional groups of these polyelectrolyte samples, the

ratio of which varies depending on the time of the polymeranalogical reaction.This change in the functional groups of polyelectrolyte samples was explained by the quantitative values of the acid number (A.n) , nitrogen content (N%) determined by the method known from the literature of water-soluble polymers [3]. Basically, as the polymeranalogical reaction is carried out,the nitrogen content of the copolymerization product (N%) decreases, and the acid content (A.n) increases (Fig. 2a, b). At the same time, their polyelectrolytic properties differ to a certain extent from each other. It can be observed from the change in the quantitative values of the measured viscosity (pcelt) and electrical conductivity(χ) found by looking at the concentration of the solution.

These differences occur due to the gradual transition of the functional groups of nitrogen, nitrile, imide and amide in the composition of copolymerization products to the carboxide group with an increase in the time of the polymeranalogical reaction. The differences in the chemical properties of the obtained polyelectrolyte samples were also clarified by determining the effect on the stability of bentonite hydrodispersion.As can be seen from the results of the experiment, it is easy to see that the stability of bentonite hydrodispersion also depends on the concentration of solutions of added polyelectrolyte samples and the time of polymeranalogical reaction of these samples.

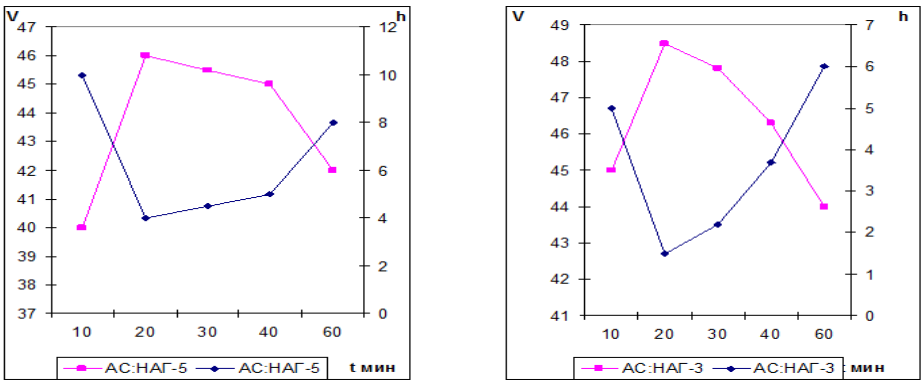


a) b)

Fig. 2. Changes in the nitrogen content (N) and acid number (A.n) of samples of copolymerization products in the ratio of 1.0:4.0 moles depending on the time of polymeranological reaction (AC: Nag-A, AC: AA-B)

It can be observed by the quantitative values of the sediment volume (Vml) and the released liquid (h), which change in the presence of solutions of polyelectrolyte samples of the same concentration of bentonite hydrodispersion. It is observed that the stability of bentonite hydrodispersion increases somewhat with a decrease in the amount of nitrogen, mainly due to an increase in the number of acids contained in the attached polyelectrolyte samples. It is not difficult to see that a polyelectrolyte sample with the highest stabilizing ability is formed when the polymeranological reaction time ranges from 15 to 25 minutes. The reason for this is that by the time of conducting a polymeranological reaction, the composition of the polyelectrolyte macromolecule formed mainly leads to a change in the functional groups of the carboxide, amide. Therefore, the increase in the carboxylic functional group along the macromolecule chain initially ensures that the conformational state of the macromolecule passes into a written form.

For this reason, bentonite has a positive effect on increasing their stability due to an increase in the ability to interact with hydrodispersion particles. It, in turn, increases the compatibility of the solid phase of bentonite hydrodispersion and the liquid medium. Due to this, the separation of a liquid medium from a solid phase slows down,that is, the stability of hydrodispersion reaches a high level (Fig. 3a, b).



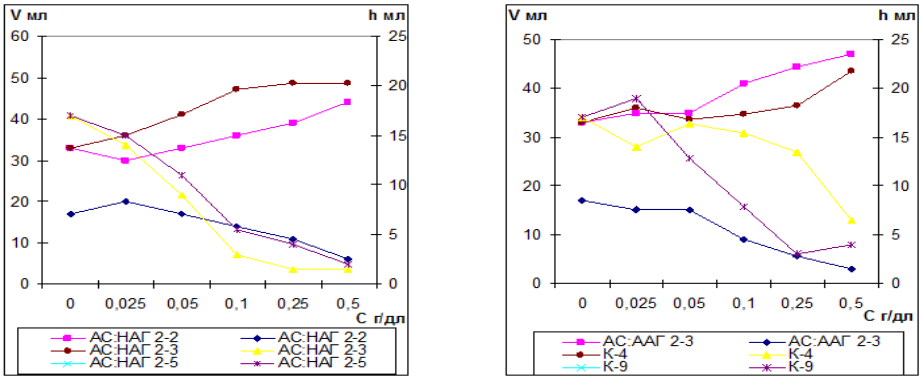
a) b)

Fig. 3. Change of bentonite hydrodispersion 0.25% in the presence of asnag-3,asnag-5 polyelectrolyte samples after one day of precipitation (V) and the volume of released liquid (H) by the time of polymeranological reaction (AC: nag-3-A, AC: nag-5-B)

It can be observed from the change in the quantitative values of the sediment volume and the height of the released liquid (h) in the presence of samples of polyelectrolyte asnag-3, ASNAG-5 of the same concentration of bentonite hydrodispersion.Such a change in the stability of bentonite hydrodispersion in the presence of polyelectrolyte samples as:Nag-3 as:Nag-5 is associated with an increase in the negative charge of the macromolecule of copolymerization products due to an increase in the density of the carboxylic functional group along the chain, which increases with an increase in the polymeranalogical reaction time.Because, as the density of a carboxylic functional group with sufficient dissociating ability of a negative charge increases along the macron chain, it becomes more difficult to form bonds by interacting with bentonite particles with a negative charge [4]. As a result, the hydrophilation of the surface part of small bentonite particles is somewhat reduced. For this reason, the process of stabilization of bentonite hydrodispersion is also not significantly ensured. Thus, as the time of a number of polymeranalogical reactions increases, the number of nitrile, imide, amide groups along the macro chain, which are stable under the influence of the external environment and have a good ability to form bonds with bentonite fine particles, and the increase in the carboxylic functional group increases the tendency of the macromolecule to go into a wrapped form due to increased conformational instability under the influence of the external environment [5].

Therefore, the hydrophilizing property of the surface part of bentonite particles of the polyelectrolyte macromolecule is also weakened. This, in turn, leads to a significant decrease in the ability of polyelectrolyte samples with a high polymeranalogical reaction time to regulate the stability of bentonite hydrodispersion. It is shown by the change in the volume of sediment and the

height of the released liquid (h), determining the separation of the solid phase of bentonite hydrodispersion from the system in the presence of polyelectrolyte samples that differ in the time of the polymeranalogical ReAction (Figure-3A, B). Basically, as the stability of bentonite hydrodispersion increases, the height of the liquid separating from the solid phase of the system decreases. The decrease in the process of separation of the liquid medium from each other with the solid phase of bentonite hydrodispersion is associated with an increase in its stability. The regulation of the stability of bentonite hydrodispersion affects to some extent not only the composition of the functional groups of polyelectrolyte samples, but also the concentration of their solutions. For this purpose, changes in the stability of bentonite hydrodispersion in the presence of different concentrations of solutions of asnag2-3 asnag2-5 and ASAAG2-3 polyelectrolyte samples obtained by polymeranalogical reaction of copolymerized products in the optimal mole ratio were studied. The results of the experiment show that the stability of bentonite hydrodispersion varies per unit of time depending on the volume of the solid phase and the height of the liquid. Changes in the numerical values of these measurements showed that the separation of the two phases occurs rapidly, since the stability of the bentonite hydrodispersion is insufficient without the addition of polyelectrolytes. The process of separation of the phases of the dispersion system initially proceeds at an accelerated pace, even with a small concentration of added polyelectrolyte solutions. This is due to the fact that during periods of low concentration of polyelectrolytes, the process of Flocculation in the system takes precedence [6]. This is due to the fact that individual types of macromolecules are enlarged, forming a relationship with small particles of the dispersion phase. As a result, the separation of large and hydrophobized units from the system is accelerated [7]. As a result , at these concentrations, the optical density (E) of the liquid on the surface of the precipitate is also lower, that is, the degree of transparency is higher, in the same series with the acceleration of the separation of the dispersion phase from the liquid medium. With an increase in the concentration of added polyelectrolyte samples, the separation of the dispersion phase and the dispersion medium from each other gradually decreases,and the process of complete separation from a certain concentration stops (Fig. 4 a, b).



a) b)

Fig. 4. Change in bentonite hydrodispersion after a day depending on the concentration of the added polyelectrolyte solution of the precipitate(V) and the volume of the released liquid (h)

In this interval, the dispersion moves to the highest level of optical density (D), along with the fact that the height of the released liquid (h) in the surface part of the phase has the lowest numerical value. This is due to the increased stability of the system. However, the ability of bentonite hydrodispersion to high stability and the concentration required for it are closely related to the chemical composition of the functional group of polyelectrolyte samples. The ability to ensure maximum stability is shown by the samples ASNAG2-3 and ASNAG2-5 obtained in an optimal way (Fig.4a). In comparison, differences in the ability to regulate the stability of bentonite hydrodispersion occur due to the presence of a nitrile and hydroxide functional group in the macromolecule of ASNAG2-3 ASNAG2-5 polyelectrolyte samples compared to ASNAG2-3, K-4 polyelectrolyte. It is not difficult to see that these identified patterns are observed even when the regulation of the stability of bentonite hydrodispersion in the presence of studied polyelectrolyte samples is studied by changes in the relative filtration rate (Urel). In addition, when analyzing the numerical values of the optical density (e), viscosity (η), electrical conductivity (χ), pH of the filtered liquid medium, it makes it possible to make an assumption that the interaction of fine bentonite particles with the macromolecule of polyelectrolyte samples occurs by a homogeneous mechanism. This is due to the fact that the functional groups of the studied polyelectrolyte samples are homogeneous in nature and chemical composition, although they differ slightly in their ratio. Thus, through the conducted research, new polyelectrolyte samples used in the regulation of the stability of bentonite hydrodispersion were obtained, and by comparing its stabilizing properties, it was found that their effectiveness is 2-2.5 times higher than that of K-4,K-9 polyelectrolytes, which are currently produced in industrial conditions and widely used in practice, and the causal effects of its occurrence were explained by the method of examination of the results presented in the work.

Conclusion. The stability of bentonite hydro-dispersion of polyelectrolytes obtained on the basis of allyl alcohol and acrylic acid derivatives has been successfully synthesized by copolymerization. The results of the experiment showed that the yield and some chemical properties of copopolymerization products change depending on the mole ratio of the joints –monomers obtained for the reaction. It can be clearly seen that the copolymerization product of nitrylacrylic acid with allyl alcohol is insoluble in water. The yield of the copopolymerization product, formed mainly by an increase in allyl alcohol in the composition of the reaction mass, is somewhat decreasing. The regulation of the properties of polyelectrolytes in the target direction was carried out by converting a number of functional groups by copolymerization of binder-monomers that differ in different mole ratios in functional groups by means of a polymeranalogical reaction. As a result, samples of polyelectrolyte with a functional group with various chemical properties were obtained based on the product of copolymerization of nitrylacrylic acid or acrylamide with allyl alcohol.

References

1. Nikolaev, A.F.,Okhrimenko, G.I., Water-soluble polymers. – L.:Chemistry, 1979. – 61 p.
2. Zapolsky, A.K., Baran, A.A. Coagulants and flocculants in water purification processes. – Leningrad: Khimiya, 1987. – 159-170 p.
3. Kabanov, V.A. Workshop on high molecular weight compounds. – M.:Chemistry, 1985. – 49-50 p.
4. Asanov A.A., Matniazova G.K. Flocculation of bentonite hydrodispersions in the presence of carboxyl-, amide-, amino-containing polyelectrolytes // Materials of the

international correspondence scientific and practical conference: Actual problems of natural sciences. Section “Chemistry”. – Russia: Novosibirsk, 2011. – P. 69-103.
5. Asanov A., Bazarkhanovna A., Narbaeva A.M. Influence of Amine or amide functional polyelectrolytes on the stability of bentonite hydrodispersion // Innovative development and development of Science in modern Kazakhstan. – 2014. – P. 107-111.
6. Asanov A., Matniyazova G.K. Flocculation of natural turbid water by amide-, carboxyl- or amine- containing polyelectrolytes // Journal of water chemistry and technology. – 2013. – Vol. 35. – No. 3. – P. 139-143.
7. Asanov A. G.K.Matniyazova. Flocculation of Industril Water in the Presence of Carboxide-Amidecontainingpolyelectrolytes // World Appled Sciences Journal. – 2013. – No. 25(10). – P. 1482-1484.

Received: 26 November 2024
Accepted: 7 February 2025

Р.М. Кудайбергенова[1], Е.А. Байбазарова[1],
А.Т. Исмайл[1], Е.Т. Боташев[2], К.Б. Булекбаева[3]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]М. Әуезова атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан
[3]Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті,
Тараз қ., Қазақстан

АЛЛИЛ СПИРТІ МЕН АКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ТУЫНДЫЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ АЛЫНҒАН ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТТЕРДІҢ БЕНТОНИТ ГИДРОДИСПЕРСИЯСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Суда еритін полимерлердің полиэлектролиттік түрлерін өмірдің әртүрлі салаларында қолданудың артуына байланысты ғылыми-тәжірибелік жұмыстар біздің заманымыздың өзекті мәселелерінің біріне айналды. Осыған байланысты полиэлектролиттердің қасиеттерін реттеу қажеттілігі артып келеді. Полиэлектролиттердің қасиеттері оның функционалдық топтарының сипатына, иондану қабілетіне байланысты өзгеріп отырады. Сондықтан, осы негізгі мәселелерді ғылыми-практикалық тұрғыдан шешу, яғни полиэлектролиттердің қасиеттерін мақсатты бағытта реттеу полимераналогиялық реакция арқылы бірқатар функционалдық топтарды түрлендіру арқылы жүзеге асырылады. Функционалдық топтарда әртүрлі мольдік қатынаста ерекшеленетін байланыстырушы-мономерлердің сополимерленуі жүзеге асырылды. Осы себепті сыртқы ортаның иондық беріктігінің, рн-ның және дисперсиялық жүйелермен әрекеттесу үрдісінің әсеріне тұрақты күшті ионданбайтын гидрофильді функционалдық тобы бар аллил спирті (АА) сополимерленген. Химиялық реакцияға, нитрилакрил қышқылына (NA) немесе акриламидке (АА) әртүрлі мольдік қатынаста түсу қабілеті жоғары сулы ортада оңтайлы түрде анықталады. Тәжірибе нәтижелері көрсеткендей, сопополимерлену өнімдерінің шығымдылығы мен кейбір химиялық қасиеттері реакция үшін алынған буын –мономерлердің мольдік қатынасына байланысты өзгереді.

Тірек сөздер: аллил спирті, нитрилді акрил қышқылы, акриламид, сополимерлену, тұтқырлық.

Р.М. Кудайбергенова[1], Е.А. Байбазарова[1], А.Т. Исмайл[1], Е.Т. Боташев[2], К.Б. Булекбаева[3]

[1]Таразский университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Южно-Казахстанский университет имени М.Ауезова, г. Шымкент, Казахстан
[3]Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Тараз, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ АЛЛИЛОВОГО СПИРТА И АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРОДИСПЕРГИРОВАНИЯ БЕНТОНИТА

Аннотация. В связи с ростом использования полиэлектролитных форм водорастворимых полимеров в различных сферах жизни научно-практические работы стали одной из актуальных проблем современности. В связи с этим возрастает необходимость регулирования свойств полиэлектролитов. Свойства полиэлектролитов различаются в зависимости от характера их функциональных групп, способности к ионизации. Поэтому научно-практическое решение этих основных задач, то есть целенаправленная регуляция свойств полиэлектролитов, осуществляется путем преобразования ряда функциональных групп посредством полимераналогической реакции. В функциональных группах осуществлялась сополимеризация связывающих мономеров, различающихся в различных родильных отношениях. По этой причине сополимеризуется аллиловый спирт (АА) с сильной неионизирующей гидрофильной функциональной группой, устойчивой к влиянию ионной силы внешней среды, рн и тенденции взаимодействия с дисперсионными системами. Способность вступать в химическую реакцию, нитрилакриловую кислоту (NA) или акриламид (АА) в различных мольных соотношениях оптимально определяется в водной среде с высоким содержанием молей. Результаты эксперимента показали, что выходы и некоторые химические свойства продуктов сопополимеризации изменяются в зависимости от Молевого соотношения соединений – мономеров, полученных для реакции.

Ключевые слова: аллиловый спирт, нитрилакриловая кислота, акриламид, сополимеризация, вязкость.

IRSTI 61.01.94

A.U. Khabashova[1] – *main author*,
A.N. Nurlybayeva[2], U.G. Kanatbek[3],
A.A. Kuanyshbek[4], A. Kurtebayeva[5],
S. Orynbayev[6], T.G. Helder[7], M.S. Kalmakhanova[8]

©

[1,5]PhD student, [2]PhD, Associate Professor, [3]Laboratory assistant, [4]Master student, [6,8]PhD, Associate Professor, [7]Professor

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0008-8956-9960 [2]https://orcid.org/0000-0001-9904-9979
[3]https://orcid.org/0009-0005-4568-9993 [5]https://orcid.org/0000-0002-1975-0755
[6]https://orcid.org/0000-0002-5077-7219 [7]https://orcid.org/0000-0001-6898-2408
[8]https://orcid.org/0000-0002-8635-463X

[1,2,3,4,5,6,8]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[7]The Polytechnic Institute of Bragança, Bragança, Portugal

@ *[1]zhigerbaevaa@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/WECO4822

DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS BASED ON AGRO-INDUSTRIAL WASTE FOR THE STORAGE OF A PERMEABLE REACTIVE BARRIER

Abstract. Rapid industrialization, expanding urbanization, and unrestrained use of natural resources contribute to environmental issues, particularly the contamination of water bodies by a variety of chemical compounds due to inadequate wastewater treatment. These contaminants, referred to as contaminants of emerging concern (CECs), pose global challenges due to their widespread occurrence, persistence, and bioaccumulation, stemming from anthropogenic activities. Notable examples of CECs include pharmaceuticals like paracetamol and synthetic chemicals such as perfluorooctanoic acid (PFOA), underscoring the imperative for effective wastewater treatment. Furthermore, phenolic species originating from pharmaceutical and dye industries endure in wastewater, posing threats to human health and ecosystems. To address these challenges, permeable reactive barriers (PRBs) have been developed to treat polluted waters, utilizing various materials. However, concerns about their manufacturing complexity processes have prompted the exploration of simpler and eco-friendly alternatives. Promising options include geopolymers, activated carbons derived from waste, and carbon nanotubes sourced from plastic solid waste. Integrating these materials into permeable barriers and adopting the concept of PRBs, with a focus on circular economy principles, presents a sustainable approach to mitigate population exposure to contaminated water. This innovative strategy not only addresses the environmental and health risks associated with water pollution but also aligns with the broader purpose of this work, which is to produce environmentally friendly permeable barriers for application in systems post wastewater treatment plants.

Keywords: contaminants of emerging concern, heavy metal, permeable barriers, wastewater treatment.

Khabashova A.U., Nurlybayeva A.N., Kanatbek U.G., Kuanyshbek A.A., Kurtebayeva A., Orynbayev S., Helder T.G., Kalmakhanova M.S. Development of new materials based on agro-industrial waste for the storage of a permeable reactive barrier //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.295-304. https://doi.org/10.55956/WECO4822

Introduction. That being stated, certain contaminants of emerging concern (CECs) in different aquatic environments mainly come from anthropogenic activities. Their extensive occurrence, persistence, bioaccumulation, constant circulation, migration, and transformation in environmental media have generated a substantial global concern [1]. Among pharmaceutical compounds that are CECs and cause water pollution, paracetamol (acetaminophen, 4-acetylaminophenol) deserves particular attention since it has recently been discovered as a potential pollutant of waters [2]. Another example of a CECs belonging to a group of synthetic chemicals called per- and polyfluoroalkyl substances is perfluorooctanoic acid (PFOA), which even became part of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants in 2019.

In addition to the mentioned contaminants, phenolic compounds in wastewater caused by the pharmaceutical or dye industries are persistent organic pollutants resistant to decomposition/degradation and cause harmful severe effects on human health and the environmental ecosystem [3]. The phenolic pollutants and their metabolites in living cells cause mutagenicity and carcinogenicity. Furthermore, some phenolic compounds, such as chlorophenols, nonylphenols, and 4-tert-octylphenol, can block normal hormonal functions, mimic natural hormones, occupy their receptors in different organisms, and cause severe hormone imbalance and health hazards.

Creating a new approach to environmental protection across different domains involves utilizing strategies for minimizing contaminants in wastewater treatment plants (WWTP), informed and enhanced by advancements in groundwater remediation techniques. Previous efforts to remediate polluted groundwater have culminated in the development of permeablereactive barriers (PRBs). They are subsurface filters filled with appropriate materials to treat through-flowing polluted waters. Although many naturally occurring and inexpensive materials are manufactured in methods that can harm the environment. So, there is still a need to look for an absorbent to use appropriately in permeable barriers, with high efficiency, economy, effectiveness, and manufacturing with greenways without any adverse side effects on the environment [4].

There are numerous papers on PRBs, most of which focus on removing contaminants with multi-barrier systems so that high concentrations of contaminants are significantly reduced to a minimum [5-10]. Thus, by implementing the concept of PRBs in permeable barriers (PB) in the WWTP and employing economically efficient reactive materials sourced from waste, a connection can be established with the principles of circular economy and sustainable development. This approach aims to reduce the population's exposure to contaminated water and contributes to resource efficiency and environmental sustainability.

Materials and methods. *Reactants and materials used.* Buffer solutions for calibrating the pH meter, kits for determining ions (nitrates, phosphates, sulfates) and heavy metals (lead, cadmium, etc.), indicator strips for quickly determining the concentration of certain parameters (pH, water hardness). Sawdust – for the production of activated carbon, activated carbon,distilled water, KOH – for the oxidation of activated carbon, model solutions with heavy metals: $Cr_2(SO_4)_3\ 6H_2O$, to regulate the pH value in model solutions with heavy metals, added acid and base: C(NaOH) = 0.01 mol/dm^3, C(HCl) = 0.01 mol/dm^3.

FTIR analysis was used to determine the physico-chemical characteristics of pumpkin seed shells. IR spectra of pumpkin seed shells were obtained on an IR

Fourier device (Infraspec, model FSM 2202, Russia, St. Petersburg) with a resolution of 1 cm^{-1} and a scanning range of 5000-500 cm^{-1} using a sample. Scanning electron microscope JSM-6490LV with INCA Energy Energy microanalysis and HKL-Basic structural analysis systems. The multi-purpose scanning electron microscope (useful magnification of 300,000) combines the possibilities of working in both standard and low-vacuum modes. Allows you to examine samples without spraying with a conductive layer. Additionally, it is equipped with an INCA Energy 350 energy dispersive microanalysis system and a prefix for studying the texture and structure of polycrystalline HKL Basic samples. The concentration of Cr (III) was determined by the NPP method. All measurements were carried out using Agilent 4200 MP-AES equipped with an Agilent 4107 nitrogen generator. The sample entry system consisted of a double-pass cyclone spray chamber, an OneNeb sprayer, a Solvaflex pump tube (orange/green) and an Easy-fit burner for sample introduction. Multi-element calibration standards containing Cr (III) with a concentration of 50 mg/l were used. The standard was prepared in an environment of 5% HNO_3/0.2% HF (vol./vol.) (US production). The pH was determined using a pH meter of the brand pH-009(1)A.

Development of materials. First of all, the sawdust was left in distilled water for 12 hours.After 12 hours, the sawdust was filtered out. It was left at room temperature until the water evaporated. After evaporation of the water, it was dried for 3 hours at a temperature of 70°C in a vacuum oven. At this stage, the material was burned in a furnace at 320°C for 1 hour. The nitrogen furnace program was adjusted to 320°C, and then the suspended sawdust was burned for 1 hour. The resulting coal was compared before and after it was placed in the furnace, the mass of coal lost during gorenje was calculated and subtracted from the initial mass. And I received about 3 g of the material. After obtaining coal at 320°C, it was activated in two ratios - 1:1, 2:1. To obtain activated carbon with a concentration of 1:1, 1 g of KOH and 1 g of carbon burned at 320°C were consumed.

Influence of contact time. 0.2 g of 100 ml of this 2:1 activated carbon concentration was left to be stirred on a magnetic stirrer for 24 hours in time. We took 0.4 g of a 50 mg/l $Cr(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$ model solution, put it in a 1 liter flask and mix it to the line with water. The prepared solution was diluted to 25 ml, determined by the method of APP spectroscopy, a calibration table was built, checked and established that the model solution was purified at the same time. At different intervals, 100 ml of the model solution was poured into a 250 ml flask at 0 minutes and mixed. During this time, 2 ml were taken for 0 minutes and poured into a 25 ml flask. After 0 minutes of sampling, 0.2 g of activated carbon was added to a flask filled with 250 ml of the model solution in a ratio of 2:1. Every minute indicated in the table, 2 ml of the solution was taken and drained into a flask with a capacity of 25 ml. That is, small filters were installed in a flask with a capacity of 25 ml, filter paper was installed on the surface, 2 ml was poured, and topped up.

Research results and discussion. *Results of agrochemical soil analysis.*Soil samples were taken from two different places. The first sample was collected at a depth of 0-15 cm near the septic tank in the village of Asa, Zhambyl district, and the second sample – at a depth of 0-10 cm from the place of sowing for animal feed. All samples were taken with special equipment – a soil sampler (MemST 26205-91). Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Matsevina method in the modification of Tsinao (MemST 26423-85). Methods for determining the specific conductivity, pH and water absorption of solid residue

(MemST 26423-85-26428-85). Methods for determining calcium and magnesium in an aqueous extract. (Fig. 1).

Samples were taken at a depth of 0-15; 15-30 in the first place and 0-10; 10-20; 20-30 in the second place. All samples were taken with special soil sampler equipment. We had the most popular type of soil sampler – a manual soil drill, model “AM-16”, which is designed to take soil samples with a violation of their structure, as well as to measure the depth of soil freezing, as well as for drilling wells for permafrost meters.

Fig. 1. Soil sampling process

The results showed that the average soil pH in Asa village was 7.5, which is slightly above the optimal range for crops. This may be due to anthropogenic pressure, which may interfere with the conversion of organic matter into plant-available mineral compounds.

The analysis of the amount of humus in the soil was carried out only on the second plot. The results showed a very low humus content in the upper soil layers, which indicates unfavourable conditions for the development of plant roots at certain depths. This is typical for some types of soil, such as podzolic or clay-podzolic.

pH = 6.26 is the soil acidity level that affects the availability of nutrients to plants. The optimum pH for most crops is considered to be 6-7 (Table 1).

Table 1

Main agrochemical characteristics

№	Place of selection and depth	Determined indicators				
		General Humus, %	Movable			pH
			Nitrogen mg/kg	Phosphorus mg/kg	Potassium mg/kg	
1	P-1; 0-15		162.4	134	290	6.26
2	P-2; 15-30		142.8	106	210	5.86
3	P-1; 0-10	0.70	33.6	10	190	8.33
4	P-2; 10-20	0.83	33.6	8	180	8.46
5	P-3; 20-30	0.59	36.4	6	170	8.57

The results of the agrochemical analysis of the soil for the sampling site P-1 at a depth of 0-10 cm are shown in Table 1. Analysis of these data allows us to assess the fertility of the soil and its suitability for growing crops. High pH levels can affect the availability of certain nutrients to plants, such as phosphorus. Low humus content may indicate the need to improve the soil with organic fertilizers or green manure.

The data show the concentration of various elements and ions in the aqueous extract of the soil (Table 2). Based on the results of the analysis of the aqueous extract of the soil, the following conclusions can be made:

Salts: The total soil salinity is 0.122%, which is an important indicator for assessing soil fertility and its suitability for agriculture.

Alkalinity: The amount of bicarbonate ion (HCO_3^-) varies from 0.027% to 0.44%, indicating the alkalinity of the soil. This parameter is important for optimal plant growth.

Table 2

Water extract

№	Water extract in $\frac{\%\%}{\text{м.экв}}$ on absolutely dry soil								
	Total salts, %	Alkalinity		Cl^-	SO_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
		Total in HCO_3^-	From normal carbonates to CO_3						
1	0.122	0.027		0.001	0.066	0.008	0.015	0.005	0.001
		0.44		0.04	1.37	0.38	1.24	0.21	0.02
2	0.177	0.027		0.000	0.109	0.011	0.022	0.007	0.001
		0.44		0.00	2.27	0.57	1.81	0.30	0.02
3	0.179	0.029		0.000	0.110	0.008	0.026	0.006	0.001
		0.48		0.00	2.28	0.38	2.10	0.27	0.02

Chlorides, sulfates, calcium, magnesium, sodium, potassium: The content of these elements is also varied and varies widely. These elements play an important role in plant nutrition and metabolism. Soil pH 8.33 indicates an alkaline environment. This parameter is important for the availability of nutrients to plants. Total humus: the humus content is 0.70%, which is important for improving the structure and fertility of the soil.

Based on this data, it is possible to draw conclusions about the chemical composition of the soil and its suitability for farming. Further research and analysis will help determine the optimal measures to increase soil fertility and ensure optimal conditions for plant growth and development.

As we already know, the value of the cation exchange capacity depends on the granulometric composition of the soil, or more precisely on the silt content (Table 3).

Table 3

Content of soil granulometric composition

№	Place of selection	Depth	A.S.N. % H_2O	Fraction content in % on absolute dry soil						
				Fraction sizes in mm						
				Sand		Dust			Silt	3-x
				1.0 -0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	Factions < 0.01
1	P-1	0-15	1.72	19.434	45.157	18.722	4.477	11.396	0.814	16.687
2	P-2	15-30	1.44	20.901	36.080	27.192	2.029	7.305	6.494	15.828
3	P-3	0-10	0.98	7.049	47.304	16.966	2.020	17.370	9.291	28.681
4	P-4	10-20	0.82	6.917	50.333	13.712	8.469	18.552	2.017	29.038
5	P-5	20-30	0.94	5.492	36.362	17.363	13.325	23.420	4.038	40.783

According to our data, the silt content varies from 0.8-4.038%, and the physical sand is 19.434-5.492, which means that the sand content decreases with depth. Classification of soils by granulometric composition for stony soils should be accompanied by indications of the degree of their stonyness. According to our data, the first sampling location is dominated by a greater sand content, as in other soil layers.

Based on the results of the study, the indicators of total soil contamination were calculated taking into account toxicity in all variants of the studied variants and in the filtration area. Assessing the obtained contamination indicators according to the scheme for assessing agricultural soils, these soils can be characterized as having an acceptable degree of contamination (less than 16.0) (Table 4).

Table 4

Microelement content

№	Place of selection	Depth	Mobile forms of microelements, mg/kg			
			Zn	Cu	Cd	Pb
1	P-1	0-15	131.8	16:30	1.10	1.60
2	P-2	15-30	71.6	8.40	0.50	1.40
3	P-3	0-10	3.10	0.80	0.70	1.70
4	P-4	10-20	3.80	1.30	0.60	1.50
5	P-5	20-30	2.80	1.20	0.90	1.60

At the sampling site near the canal is 6,048.07 and is classified as acceptable. The maximum environmental indicator of total pollution at the first sampling site is 131.8 due to the concentration of cadmium compounds and zinc compounds, which are elements of hazard class 1. At the filtration site, the indicator is 3.10. In all the studied options, during the growing season, there is a fluctuation in the content of mobile copper compounds and a decrease in depth, no excess of MPC is noted. The highest copper content in the soil is observed at the first site near the canal - 16.30 mg/kg, on the filtration field 0.70 mg/kg. Zn mobility is associated with acidification of hydrolytic acidity due to the use of mineral fertilizers. Cadmium is not among the elements necessary for plants, moreover, it is considered to be especially dangerous for plants and the vital activity of animals and humans. Therefore, constant monitoring of the cadmium content in the soil and plants is required. The level of soil pollution with heavy metals is established based on the content of mobile compounds and their compliance with maximum permissible concentrations. It was established that the content of mobile cadmium compounds in the soil was 1.0-0.9 mg/kg, and is decreasing with depth, which exceeds the MAC value.

Thus, the content of total cadmium and zinc compounds exceeds the Clarke values, but the calculated environmental indicator of total pollution, taking into account toxicity, is acceptable for the use of land in agriculture. The studied variants revealed a low content of mobile copper and zinc. Contents

mobile form of cadmium exceeding the maximum permissible concentration of soil on fallow land under no-till technology. The obtained results indicate the need for constant close attention to the problem of optimizing the microelement balance of arable soils, the importance of which increases in soil health management.

Scanning Electron Microscopy. Figure 2 shows the SEM images of activated carbon obtained from sawdust at a concentration of 2:1 at 720°C. This Figure 3.1 shows the surface of activated carbon particles obtained from sawdust at a concentration of 2:1. During the carbonization process, the structure of the shell changes. As shown in this image, as a result of heat treatment, holes and irregularities are visible on the surface of the activated carbon particles, which were previously closed and not connected to the pore space. The increase in temperature can be explained by the fact that wood chips cause thermal decomposition of organic matter, so the number of pores and irregularities increases. The internal structure and thick cell walls are shown.

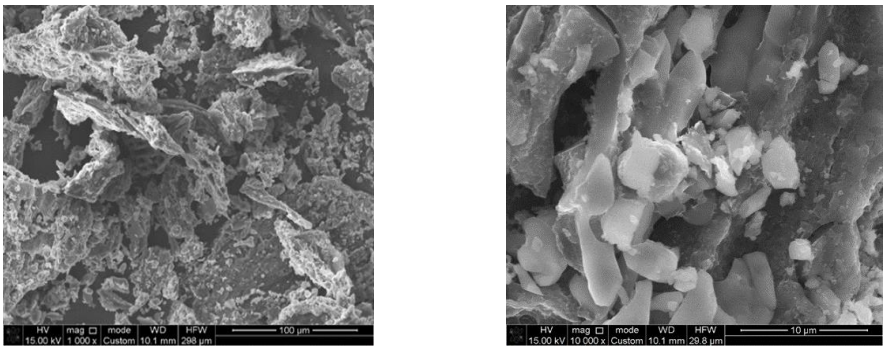


Fig. 2. SEM images of activated carbon obtained from sawdust at a concentration of 2:1, obtained at 720°C

Adsorption of heavy metal with the activated carbon. To determine the effect of the adsorbent mass on the adsorption process, 10 different weighed portions of each sample (m(adsorbent) = 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 0.10 g; 0.12 g; 0.14 g; 0.16 g; 0.18 g; 0.20 g) were prepared and studied. An adsorbent with a concentration of 2:1 was chosen as a sample, that is, taken from sawdust burned at 720°C (0 min, 15 min, 30 min, 60 min, 1.5 h, 2 h, 4 h, 6 h, 8 h, 24 h). According to the results of the studies, the adsorption of heavy metal ions Cr^{3+} increased due to the increase in mass. The yield of the adsorbent for the heavy metal ion Cr^{3+} 0.2 g/l – 49.375; 0.4 g/l – 15.25; 0.6 g/l – 16,625; 0.8 g/l – 13,125; 0.10 – 12,125; 0.12 – 7.5; 0.14 – 5,625; 0.16 – 5,625; 0.18 – 2.5; It achieved low values of 0.20-0.125. These results were due to the increase in surface area of 2:1, and Cr^{3+} performed moderately well compared to other adsorbents. The obtained results are shown in Figure 3.

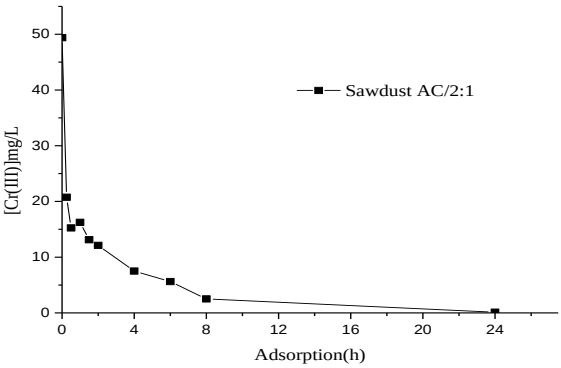


Fig. 3. Adsorption of heavy metal with the activated carbon at a concentration ratio of 2:1

The graph shows the results of the adsorbent analysis by atomic emission spectroscopy. According to the results obtained, it was noted that over time it was well purified.

Conclusion. In modern conditions, biomass waste is an accessible, renewable and cost-effective resource that can be used to produce popular and environmentally friendly materials. The study assessed results of the experiment demonstrated that activated carbon from wood biomass is an effective means for removing heavy metals from aquatic environments. The two tested adsorbents showed a high degree of purification, which proves their promise for further use in water purification from heavy metals. Thus, the developed adsorbent has great potential for large-scale use in environmental technologies.

References

1. da Silva A.P.F. Production of Catalysts for the Valorization of Plastic Waste, and for the wet Peroxide Oxidation of Paracetamol: Master's thesis. – Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2019.
2. Riaz R. et al. Spatial distribution, compositional profile, sources, ecological and human health risks of legacy and emerging per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in freshwater reservoirs of Punjab, Pakistan // Science of the Total Environment. – 2023. – Vol. 856. – P. 159144.
3. Karimi-Maleh H. et al. State-of-art advances on removal, degradation and electrochemical monitoring of 4-aminophenol pollutants in real samples: a review //Environmental Research. – 2023. – Vol. 222. – P. 115338.
4. Natal A. P. S. Production of Geopolymers from Fly Ash for Wastewater Treatment: Master's thesis. – Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2023.
5. Abdulhusain N. A., Abd Ali Z. T. Green approach for fabrication of sand-bimetallic (Fe/Pb) nanocomposite as reactive material for remediation of contaminated groundwater using permeable reactive barrier //Alexandria Engineering Journal. – 2023. – Vol. 72. – P. 511-530.
6. Masso C. Valorization of compost in the production of carbon-based materials for the treatment of contaminated wastewater: Master's thesis. – Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2018.
7. de Grande Piccinin L. Catalytic Application of Carbon Nanotubes Obtained from Plastic Solid Waste in the Removal of Quinoline from Isooctane by Selective Oxidation with Hydrogen Peroxide: Master's thesis. – Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2022..
8. Naghikhani A. et al. Investigating the sustainable performance of a nanoscale zerovalent iron permeable reactive barrier for removal of nitrate, sulfide, and arsenic // AQUA–Water Infrastructure, Ecosystems and Society. – 2023. – Vol. 72. – No. 4. – P. 540-556.
9. Kong X. et al. Evaluation of zeolite-supported microscale zero-valent iron as a potential adsorbent for Cd 2+ and Pb 2+ removal in permeable reactive barriers // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. – P. 13837-13844.
10. Song J. et al. A review of reactive media within permeable reactive barriers for the removal of heavy metal (loid) s in groundwater: Current status and future prospects // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 319. – P. 128644.

This research is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR24992867).

Received: 06 December 2024
Accepted: 20 February 2025

А.У. Хабашова[1], А.Н. Нурлыбаева[1], У.Г. Канатбек[1], А.А. Куанышбек[1], А. Куртебаева[1], С. Орынбаев[1], Т.Г. Хельдер[2], М.С. Калмаханова[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Браганса политехникалық институты, Браганса қ., Португалия

ӨТКІЗГЕН РЕАКТИВТІ КЕЛДІ САҚТАУ ҮШІН АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ЖАҢА МАТЕРИАЛДАРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Қарқынды индустрияландыру, өсіп келе жатқан урбанизация және ресурстарды бақылаусыз пайдалану экологиялық проблемалардың пайда болуына, атап айтқанда, ағынды суларды тиісті түрде тазартпау салдарынан су объектілерінің әртүрлі химиялық қосылыстармен ластануына ықпал етеді. Бұл ластаушы заттар, алаңдаушылық туғызатын заттардың ластаушы заттары (ЦЭҚ) антропогендік әрекеттер нәтижесінде пайда болатын кең таралған, тұрақтылығы және биоаккумуляциясы бойынша жаһандық проблемалар болып саналады. Парацетамол сияқты фармацевтикалық препараттар және ағынды суларды тиімді тазартуды қажет ететін перфтороктан қышқылы (PFOA) сияқты синтетикалық химиялық заттар CEC-тің белгілі мысалдары болып табылады. Сонымен қатар, фармацевтика және бояу өнеркәсібінде өндірілетін фенолдық түрлер адам денсаулығы мен экожүйеге әсер етпес бұрын ағынды суларға әкеледі. Осы мәселелерді шешу үшін әртүрлі материалдарды пайдалана отырып, ластанған суларды тазарту үшін өткізгіш реактивті кедергілер (PRBs) әзірленді. Дегенмен, олардың өндірістік процестерінің күрделілігі туралы алаңдаушылық қарапайым және экологиялық таза баламаларды зерттеуге түрткі болды. Перспективті нұсқаларға геополимерлер, қалдықтардан алынған белсендірілген көмір және пластикалық қатты қалдықтардан алынған көміртекті нанотүтіктер жатады. Бұл материалдарды өткізгіш кедергілерге біріктіру және оларды жүзеге асыру. PRB концепциясы айналмалы экономика принциптеріне назар аудара отырып, ластанған судың планетаға әсерін азайтудың тұрақты тәсілі болып табылады. Бұл инновациялық стратегия тек тәуекел мәселелерін қарастырмайды. судың ластануымен байланысты экологиялық және денсаулық мәселелері, сонымен қатар бұл жұмыстың неғұрлым тиімді мақсаттарына жауап береді, яғни сарқынды суларды тазартудан кейін үйде пайдалану үшін экологиялық таза өткізгіш кедергілерді жасау.

Тірек сөздер: жаңадан пайда болатын ластаушы заттар, ауыр металл, өткізгіш баргерлер, ағынды суларды тазарту.

А.У. Хабашова[1], А.Н. Нурлыбаева[1], У.Г. Канатбек[1], А.А. Куанышбек[1], А. Куртебаева[1], С. Орынбаев[1], Т.Г. Хельдер[2], М.С. Калмаханова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Политехнический институт Браганса, г. Браганса, Португалия

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОГО РЕАКТИВНОГО БАРЬЕРА

Аннотация. Быстрая индустриализация, расширяющаяся урбанизация и неконтролируемое использование природных ресурсов способствуют возникновению экологических проблем, в частности, загрязнению водоемов различными химическими соединениями из-за неадекватной очистки сточных вод. Эти загрязняющие вещества, называемые загрязняющими веществами, вызывающими обеспокоенность (CEC), представляют собой глобальные проблемы из-за их широкого распространения, стойкости и биоаккумуляции, возникающих в

результате антропогенной деятельности. Известными примерами CEC являются фармацевтические препараты, такие как парацетамол, и синтетические химикаты, такие как перфтороктановая кислота (PFOA), что подчеркивает необходимость эффективной очистки сточных вод. Кроме того, фенольные виды, происходящие из фармацевтической и красильной промышленности, сохраняются в сточных водах, представляя угрозу для здоровья человека и экосистем. Для решения этих проблем были разработаны проницаемые реактивные барьеры (PRB) для очистки загрязненных вод с использованием различных материалов. Однако опасения по поводу сложности процессов их производства побудили к исследованию более простых и экологически чистых альтернатив. К перспективным вариантам относятся геополимеры, активированный уголь, полученный из отходов, и углеродные нанотрубки, полученные из твердых пластиковых отходов. Интеграция этих материалов в проницаемые барьеры и принятие концепции PRB с упором на принципы круговой экономики представляет собой устойчивый подход к смягчению воздействия загрязненной воды на население. Эта инновационная стратегия не только решает проблемы рисков для окружающей среды и здоровья, связанных с загрязнением воды, но и соответствует более широкой цели этой работы, которая заключается в создании экологически чистых проницаемых барьеров для применения в системах после очистных сооружений сточных вод.

Ключевые слова: загрязнители вызывающие новую озабоченность, тяжелый металл, проницаемые барьеры, очистка сточных вод.

МРНТИ 61.37.01

Р.Б. Жарлыкапова[1] – *основной автор*,
Д.С. Бейсекина[2], **А.С. Губарева**[3],
А.Н. Нурлыбаева[4], **К.Б. Булекбаева**[5], **Е.Т. Боташев**[6]

©

[1,5]Канд. техн. наук, ассоц. профессор, [2,3]Студент, [4,6]PhD, ассоц. профессор

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0003-1243-3068 [4]https://orcid.org/0000-0001-9904-9979
[6]https://orcid.org/0000-0001-5090-3142

[1,2,3,4]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[5]Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Тараз, Казахстан
[6]Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова, г. Шымкент Казахстан

@ *[4]rustem_ergali@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/BGCN6326

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Аннотация. В работе были исследованы спектры различных стоматологических полимеров, таких как белакрил и полиметилметакрилат, методом инфракрасной спектроскопии, при помощи приставки нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Была проведена интерпретация полученных спектров, сделан анализ функциональных групп, проведено сравнительное исследование между спектрами белакрила, полиметилметакрилата и неизвестного образца. Выявлены основные различия в их структуре и сделаны выводы о сходствах исследумого вещества с белакрилом.

Ключевые слова: инфракрасная спектроскопия, стоматологические полимеры, белакрил, полиметилметакрилат, спектр, метод НПВО.

Жарлыкапова, Р.Б. Исследование стоматологических полимеров методом инфракрасной спектроскопии [Текст] / Р.Б. Жарлыкапова, Д.С. Бейсекина, А.С. Губарева, А.Н. Нурлыбаева, К.Б. Булекбаева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.305-311. https://doi.org/10.55956/BGCN6326

Введение. В настоящее время полимерные материалы находят все большее применение в медицине, промышленности и других областях. Это создает необходимость разработки новых материалов и эффективных методов анализа их свойств и качества. Полимеры применяются в различных отраслях – от упаковочных материалов до создания зубных протезов. Изучение их структуры и свойств, таких как прочность, термостойкость и эластичность, дает возможность исследовать характеристики самого полимера и его возможности применения во множестве направлений. Среди возможных химических методов анализа полимеров инфракрасная спектроскопия выделяется своей скоростью, качеством и информативностью. Она позволяет определить тип химических связей и функциональные группы, что делает её наиболее успешной в анализе полимеров [1].

Условия и методы исследования. В основе инфракрасной спектроскопии лежит взаимодействие инфракрасного излучения с молекулой вещества. При воздействии инфракрасных лучей на вещество – энергия поглощается молекулой, вызывая колебания химических связей. Эти колебания зависят от массы атомов и силы химических связей. Функциональные группы в молекуле полимера поглощают инфракрасное излучение на разных длинах волн, что отображается в виде спектра поглощения. Основными свойствами спектра являются полосы поглощения, характеризующие определённые химические связи. Например, карбонильные группы (C=O) дают интенсивные полосы в области 1700 см$^{-1}$, а метильные группы (CH_3–) около 3000 см$^{-1}$ [2].

Результаты исследований. Для исследования структуры полимеров с помощью ИК-спектроскопии образцы могут быть подготовлены различными способами, в том числе получением тонких плёнок, таблеток из небольшого количества исследуемого вещества с бромидом калия (KBr) или использование метода нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО).

В ходе эксперимента исследованы спектры трех различных стоматологических полимеров (Рисунок 3) [3-6].

Первый спектр (рис. 1) принадлежит анализируемому веществу. Как видно из рисунка анализируемому веществу соответвуют такие полосы поглощения как:

3000 см$^{-1}$ – узкая, средней интенсивности полоса – CH_3 в O-CH_3.

2950 см$^{-1}$ – узкая, средней интенсивности полоса – CH_3, CH_2.

1733 см$^{-1}$ – очень интенсивная полоса – C=O.

1480, 1445, 1430 см$^{-1}$ – полоса средней интенсивности – CH_3 в O-CH_3 + CH_3 в O-CH_3+CH_2

1385 см$^{-1}$ – полоса, средней интенсивности – CH_3.

1245, 1195, 1150 см$^{-1}$ – интенсивная полоса – C-O-C.

985, 845 см$^{-1}$ – полоса средней интенсивности.

Белакрил представляет собой сополимер, который обычно включает в себя ПММА (полиметилметакрилат) и различные акриловые мономеры. Анализ спектров поглощения полимера белакрила и анализируемого вещества показал что спектр неизвестного полимера практически идентичен спектру белакрила (рис. 2). На основании этого можно сделать вывод, что это одно и тоже вещество [7].

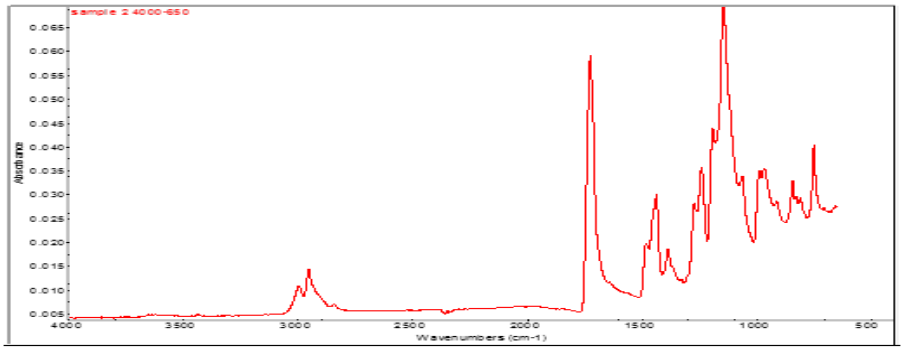


Рис. 1. ИК спектр неизвестного образца

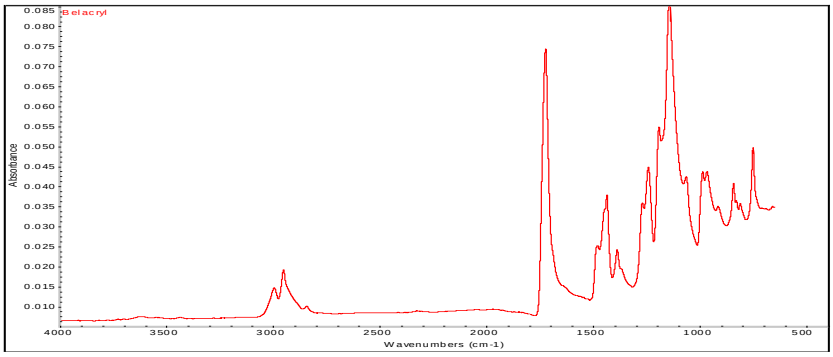


Рис. 2. ИК спектр белакрила

На рисунке 3 показаны спектры поглощения полиметилметакрилата (ПММА), также известный как акриловое стекло. Полиметилметакрилат имеет следующие характерные пики в ИК спектре:

3000 см$^{-1}$ – узкая, средней интенсивности полоса – CH3_в_O-CH3.

2950 см$^{-1}$ – узкая, средней интенсивности полоса – CH3CH2.

1733 см$^{-1}$ – очень интенсивная полоса – C=O.

1480/1445/1430 см$^{-1}$ – полоса средней интенсивности – CH3 в O- CH3+ CH3 в O-CH3+ CH2.

1385 см$^{-1}$ – полоса, средней интенсивности – CH3.

1275 см$^{-1}$ – интенсивная полоса – C-O-C.

1245/1195/1150 см$^{-1}$ – интенсивная полоса – C-O-C.

985/845 см$^{-1}$ – полоса средней интенсивности.

740–750 см$^{-1}$ – полоса средней интенсивности, которая присутствует только в метакрилате [8].

Основные полосы поглощения для ПММА и белакрила имеют схожесть из-за наличия общих функциональных групп, таких как метильные и карбонильные группы эфиров. Полиметилкрилат имеет чёткие полосы, соответствующие метильным и карбонильной группам эфира, а белакрил имеет дополнительные измененные пики зависящие от состава сополимера.

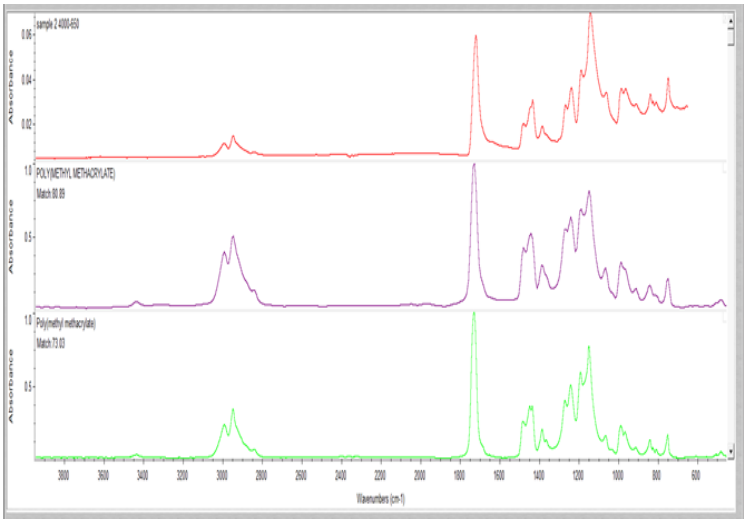


Рис. 3. Сравнение спектров трех образцов: неизвестного образца, полиметилкрилата и белакрила

Обсуждение научных результатов. Белакрил – это акриловый полимер, часто применяемый в стоматологических материалах для протезирования и создания пломбировочных материалов. Основные пики в ИК-спектре белакрила могут включать:

– C=O (карбонильная группа): Пик в области 1720-1740 см$^{-1}$. Это основной характерный пик для акрилатов, указывающий на присутствие карбонильных групп.

– C-O-C (эфирная связь): Пики в области 1000-1300 см$^{-1}$, указывают на наличие эфирных групп.

– C-H (алкановые связи): Пики в области 2850-2950 см$^{-1}$, которые говорят о присутствии алканов.

– C=C (неполностью прореагировавшие мономеры): Слабые пики в области 1600-1640 см$^{-1}$, указывающие на присутствие остатков неполимеризованного мономера [9].

Метилметакрилат (ММА) – это мономер, который полимеризуется в полиметилметакрилат (ПММА). Характерные пики в ИК-спектре метилметакрилата:

– C=O (карбонильная группа): Пик в области 1730-1750 см$^{-1}$, аналогичный белакрилу, указывающий на наличие карбонильных групп.

– C-O-C (эфирная связь): Пики в области 1100-1300 см$^{-1}$, свидетельствующие о присутствии эфирных групп.

– C-H (алкановые связи): Пики в области 2950-3100 см$^{-1}$, которые указывают на алкановые связи.

– C=C (неполимеризованные мономеры): Пики в области 1635-1650 см$^{-1}$, указывающие на двойные связи неполимеризованного мономера.

Оба полимера показывают сильные пики карбонильных групп, что подтверждает наличие акрилатных мономеров [10].

Различия в интенсивности и положении пиков в области C-H и C=C могут указывать на различия в степени полимеризации, а также на различия в структуре боковых цепей и мономерных единиц. ИК-спектроскопия предоставляет важную информацию о химическом составе и структуре полимеров, используемых в стоматологии, и позволяет контролировать качество и степень полимеризации материалов, что критически важно для их функциональности и долговечности в клиническом применении.

Была проведена сравнительная характеристика инфракрасных (ИК) спектров полимеров, таких как полиметилметакрилат (ПММА), белакрил и неизвестный полимер с использованием метода НПВО (нарушенного поглощения внутреннего отражения) [11].

Основные результаты исследования показали, что ИК спектры ПММА чётко идентифицируют полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям C-H в метильных группах (3000-2950 см$^{-1}$). В анализируемом образце были выявлены сильные полосы поглощения карбонильной группы (C=O) в области 1730-1720 см$^{-1}$, характерные для сложных эфиров. Также обнаружены деформационные колебания метильных групп в диапазоне 1480-1440 см$^{-1}$, полосы поглощения валентных колебаний C-O-C (1250-1150 см$^{-1}$) и внеплоскостные колебания C-H (950-900 см$^{-1}$).

В ИК спектрах белакрила, помимо основных полос, характерных также для ПММА, содержатся дополнительные полосы, обусловленные присутствием других акриловых мономеров. Установлены полосы, связанные с валентными колебаниями C-H в алкильных группах (3000-2800 см$^{-1}$), и

выявлены дополнительные карбонильные полосы в области 1750-1700 см$^{-1}$, что может свидетельствовать о наличии кетоновых структур. Наблюдаются полосы поглощения, обусловленные различными группами С-О-С и С-О (1250-1150 см$^{-1}$) и деформационными колебаниями С-Н (1000-900 см$^{-1}$).

Заключение. Анализ спектров белакрила и исследуемого стоматологического полимера, показал что их структура совпадает на 80.89%. Благодаря этому можно сделать вывод, что в основе состава исследуемого образца лежат функциональные группы, характерные для белакрила. Основные отличия в структуре белакрила и исследуемого образца говорят о том, что в анализируемом образце имеются сильные полосы поглощения карбонильной группы (С=О) в области 1730-1720 см$^{-1}$, характерные для сложных эфиров. Также были обнаружены деформационные колебания метильных групп в диапазоне 1480-1440 см$^{-1}$, полосы поглощения валентных колебаний С-О-С (1250-1150 см$^{-1}$) и внеплоскостные колебания С-Н (950-900 см$^{-1}$) [12,13].

Список литературы

1. Bhargava R., Wang S.Q., Koenig J.L. FTIR microspectroscopy of polymeric systems // Liquid chromatography/FTIR microspectroscopy/microwave assisted synthesis. – 2003. – P. 137-191.
2. Dritsa V. FT-IR spectroscopy in medicine // Infrared Spectroscopy Life and Biomaterial Sciences Theophanides T (ed) Rijeka, Croatia, Intech Publications. – 2012. – P. 271-88.
3. Deepty M. et al. XRD, EDX, FTIR and ESR spectroscopic studies of co-precipitated Mn–substituted Zn–ferrite nanoparticles // Ceramics International. – 2019. – Vol. 45. – No. 6. – P. 8037-8044.
4. Dritsa V. FT-IR spectroscopy in medicine // Infrared Spectroscopy Life and Biomaterial Sciences Theophanides T (ed) Rijeka, Croatia, Intech Publications. – 2012. – P. 271-88.
5. Hamid S.H., Prichard W.H. Application of infrared spectroscopy in polymer degradation // Polymer-Plastics Technology and Engineering. – 1988. – Vol. 27. – No. 3. – P. 303-334.
6. Vijayakumar S., Rajakumar P. R. Infrared spectral analysis of waste pet samples // International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy. – 2012. – Vol. 4. – P. 58-65.
7. Hamid S.H., Prichard W.H. Application of infrared spectroscopy in polymer degradation //Polymer-Plastics Technology and Engineering. – 1988. – Vol. 27. – No. 3. – P. 303-334.
8. Vijayakumar S., Rajakumar P.R. Infrared spectral analysis of waste pet samples // International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy. – 2012. – Vol. 4. – P. 58-65.
9. Огородников М.Ю. Новые базисные материалы на основе полиуретана для съемных зубных протезов–исследование химической и биологической безопасности [Текст] / М.Ю. Огородников //Институт стоматологии. – 2004. – Т. 1. – С. 87-90.
10. Рыжова И.П. Взаимосвязь заболеваний внутренних органов и заболеваний полости рта [Текст] / И.П. Рыжова, В.С. Яковлева // IX международная научно-практ. конф. «Стоматология славянских государств». – Белгород: БелГУ, 2016. – С. 504-508.
11. Рыжова И.П. Сравнительная характеристика новой базисной пластмассы «Белакрил-Э ГО» с аналогами [Текст] / И.П. Рыжова, В.С. Штана // Сборник нучных работ 46-й Международной научной конф. Евразийского научного объединения. – М.: ЕНО, 2018. – С. 430.

12. Рыжова И.П. Обзор современных базисных полимеров в ортопедической стоматологии [Текст] / И.П. Рыжова, В.С. Штана // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2019. – № 2. – С. 224-34.
13. Рыжова И.П. Possible ways of formation of the domestic basic material «Belakril-EGO» [Текст] / И.П. Рыжова, В.С. Штана, Д.М. Филиппов // Международная научная конф. студентов и молодых ученых на английском языке «Актуальные вопросы медицины». – Ставрополь: СтГМУ, 2019. – С. 144.

Материал поступил в редакцию 20.12.24, принят 19.03.25.

Р.Б. Жарлыкапова[1], Д.С. Бейсекина[1],
А.С. Губарева[1], А.Н. Нурлыбаева[1], К.Б. Булекбаева[2], Е.Т. Боташев[3]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті, Тараз қ, Қазақстан
[3]М. Әуезова атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ТІС ПОЛИМЕРЛЕРІН ИНФРАҚЫЗЫЛ СПЕКТРОСКОПИЯМЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Белакрил және полиметилметакрилат стоматологиялық полимерлері инфрақызыл спектроскопия әдісімен және ішкі шағылудың бұзылу қосымшасын пайдалана отырып зерттелді. Спектрлерге түсінік беріліп, функционалды топтарға талдау жүргізілді және белгісіз үлгіні полиметилметакрилат және белакрил спектрлерімен салыстырмалы зерттеу жасалды. Спектрлер құрамындағы негізгі айырмашылықтар анықталып, зерттелген заттың белакрилмен ұқсастықтары оның функционалдық топтарының құрылымынан көрінеді.

Тірек сөздер: инфрақызыл спектроскопия, стоматологиялық полимер, белакрил, полиметилметакрилат, спектр, НПВО әдісі.

R.B. Zharlykapova[1], D.S. Beisekina[1],
A.S. Gubareva[1], A.N. Nurlybayeva[1], K.B. Bulekbayeva[2], Ye.T. Botashev[3]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Taraz, Kazakhstan
[3]South Kazakhstan State University named after M.O. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

STUDY OF DENTAL POLYMERS USING INFRARED SPECTROSCOPY

Abstract. The spectra of various dental polymers, such as Belacryl and polymethylmethacrylate, were studied using infrared spectroscopy, using a disturbed total internal reflection (TIR) attachment. The obtained spectra were interpreted, the functional groups were analyzed, and a comparative study was conducted between the spectra of Belacryl, polymethylmethacrylate, and an unknown sample. The main differences in their structure were identified, and conclusions were made regarding the similarities of the studied substance with Belacryl.

Keywords: infrared spectroscopy, dental polymers, Belacryl, polymethylmethacrylate, spectrum, FTIR method.

References

1. Bhargava R., Wang S.Q., Koenig J.L. FTIR microspectroscopy of polymeric systems // Liquid chromatography/FTIR microspectroscopy/microwave assisted synthesis. – 2003. – P. 137-191.
2. Dritsa V. FT-IR spectroscopy in medicine // Infrared Spectroscopy Life and Biomaterial Sciences Theophanides T (ed) Rijeka, Croatia, Intech Publications. – 2012. – P. 271-88.
3. Deepty M. et al. XRD, EDX, FTIR and ESR spectroscopic studies of co-precipitated Mn–substituted Zn–ferrite nanoparticles // Ceramics International. – 2019. – Vol. 45. – No. 6. – P. 8037-8044.
4. Dritsa V. FT-IR spectroscopy in medicine // Infrared Spectroscopy Life and Biomaterial Sciences Theophanides T (ed) Rijeka, Croatia, Intech Publications. – 2012. – P. 271-88.
5. Hamid S.H., Prichard W.H. Application of infrared spectroscopy in polymer degradation // Polymer-Plastics Technology and Engineering. – 1988. – Vol. 27. – No. 3. – P. 303-334.
6. Vijayakumar S., Rajakumar P. R. Infrared spectral analysis of waste pet samples // International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy. – 2012. – Vol. 4. – P. 58-65.
7. Hamid S.H., Prichard W.H. Application of infrared spectroscopy in polymer degradation //Polymer-Plastics Technology and Engineering. – 1988. – Vol. 27. – No. 3. – P. 303-334.
8. Vijayakumar S., Rajakumar P.R. Infrared spectral analysis of waste pet samples // International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy. – 2012. – Vol. 4. – P. 58-65.
9. Ogorodnikov M.YU. Novyye bazisnyye materialy na osnove poliuretana dlya s"yemnykh zubnykh protezov–issledovaniye khimicheskoy i biologicheskoy bezopasnosti [New polyurethane-based base materials for removable dentures - a study of chemical and biological safety] //Institut stomatologii. – 2004. – Vol. 1. – P. 87-90. [in Russian].
10. Ryzhova I.P., Yakovleva V.S. Vzaimosvyaz' zabolevaniy vnutrennikh organov i zabolevaniy polosti rta [The relationship between diseases of internal organs and diseases of the oral cavity] // IX international scientific and practical. conf. “Stomatologiya slavyanskikh gosudarstv” [“Dentistry of Slavic states”]. – Belgorod: BelSU, 2016. – P. 504-508. [in Russian].
11. Ryzhova I.P., Shtana V.S. Sravnitel'naya kharakteristika novoy bazisnoy plastmassy «Belakril-E GO» s analogami [Comparative characteristics of the new base plastic "Belakril-E GO" with analogues] // Collection of scientific papers of the 46th International Scientific Conf. of the Eurasian Scientific Association. – Moscow: ENO, 2018. – P. 430. [in Russian].
12. Ryzhova I.P., Shtana V.S. Obzor sovremennykh bazisnykh polimerov v ortopedicheskoy stomatologii [Review of modern basic polymers in orthopedic dentistry] // Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy. – 2019. – No 2. – P. 224-34. [in Russian].
13. Ryzhova I.P., Shtana V.S., Filippov D.M. Possible ways of formation of the domestic basic material “Belakril-EGO” [Possible ways of formation of the domestic basic material “Belakril-EGO”] // nternational scientific conf. of students and young scientists in English “Aktual'nyye voprosy meditsiny” ["Current issues of medicine"]. – Stavropol: StGMU, 2019. – P. 144. [in Russian].

МРНТИ 61.55.09

А.Н. Жумажанов[1] – *основной автор*,
К.М. Азимбекова[2], З.А. Мансуров[3], К.К. Хамитова[4], С.Т. Казакбаев[5], С.Т. Нуртазин[6], Е.О. Досжанов[7]

©

[1,2]Магистрант, [3]Д-р хим. наук, профессор,
[4]Кан. техн. наук, ст. преподаватель, [5]Магистр, [6]Д-р биол. наук, профессор,
[7]PhD, доцент

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0004-6256-9814 [2]https://orcid.org/0009-0006-4229-7297
[3]https://orcid.org/0000-0002-8956-216X [4]https://orcid.org/0000-0003-4435-4081
[5]https://orcid.org/0009-0000-7975-5526 [6]https://orcid.org/0000-0002-3011-6851
[7]https://orcid.org/0000-0002-3454-8889

[1,2,3,4,,6,7]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
[1,3,7]Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан
[5]ТОО «Alemtrade», г. Алматы, Казахстан

@ *[1]jumajanarman@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/FNXL9188

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ И ВОЛЛАСТОНИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОНА

Аннотация. В работе изучена возможность производства экологически чистого картона из различных фракций кукурузных отходов и добавления волластонита ($CaSiO_3$) для улучшения свойств картона. Были проведены эксперименты с различными составами сырья: кукурузные листья, листовая обертка початков, смешанные отходы всех частей кукурузы с добавлением $CaSiO_3$ для улучшения механических свойств. Процесс включал делигнификацию с NaOH, промывку, измельчение, отливку и сушку. Были определены физико-механические характеристики готовых образцов, такие как граммаж, сопротивление давлению, прочность на изгиб. Оптимальные свойства показали образцы СЧК, ЛКЛП-1, ЛП, которые по ряду показателей соответствуют промышленным маркам картона K-2, KN-2, KS-2. Наилучшее сопротивление давлению показал образец СЧК (462,397 кПа), образец ЛП отличался высокой прочностью на изгиб (628 двойных изгибов). Образец с $CaSiO_3$ ЛКЛП-2 имел хорошую гибкость, но уровень влажности был низким (4,1%), что ограничивает его использование. Результаты исследования показали, что кукурузные отходы могут быть альтернативным источником сырья для производства картона и что модификация картона $CaSiO_3$ может улучшить его механические свойства и гладкость, однако научная тема требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: кукуруза, картон, целлюлоза, устойчивое производство, переработка сельскохозяйственных отходов.

Жумажанов, А.Н. Альтернативные источники целлюлозы: перспективы использования кукурузных отходов и волластонита в производстве картона [Текст] / А.Н. Жумажанов, К.М. Азимбекова, З.А. Мансуров, К.К. Хамитова, С.Т. Казакбаев, С.Т. Нуртазин, Е.О. Досжанов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.312-324. https://doi.org/10.55956/FNXL9188

Введение. В настоящее время спрос на экологически чистые упаковочные материалы неуклонно растет. Традиционно основным сырьем для производства картона является древесная масса, что приводит к масштабной вырубке лесов. Этот процесс негативно сказывается на экосистемах, снижает биоразнообразие и способствует изменению климата. В связи с этим в научной литературе все больше внимания уделяется альтернативным источникам сырья, особенно сельскохозяйственным отходам. Среди них особый интерес представляют остатки кукурузы, содержащие значительное количество целлюлозы и обладающие потенциалом для применения в целлюлозно-бумажной промышленности. Согласно оценкам Министерства сельского хозяйства США (USDA), в 2024 году посевные площади кукурузы в Казахстане составили 180,0 тыс. га, а общий урожай достиг 1050,0 тыс. тонн при урожайности 58,3 ц/га [1]. Эти показатели свидетельствуют о высоком уровне производства кукурузы, что делает ее не только важной сельскохозяйственной культурой, но и перспективным источником растительного сырья. При переработке кукурузы образуется большое количество побочных продуктов, таких как стебли, листья и шелуха, которые зачастую остаются неиспользованными. Их переработка для производства картона может снизить зависимость от древесной массы, уменьшить объем отходов и внести вклад в развитие биоэкономики.

Исследования показывают, что кукурузные отходы обладают хорошими технологическими характеристиками для производства бумаги и картона. Например, изучение химического состава (до 38% целлюлозы в составе) и механических свойств кукурузной шелухи подтвердило ее пригодность для целлюлозно-бумажной промышленности [2]. В ряде работ было исследовано, что кукурузные остатки можно использовать для получения бумажно-картонных листов [3] и газетной бумаги [4]. Кроме того, возможны сочетания кукурузы с другими материалами, что открывает перспективы для дальнейших исследований и улучшения свойств конечного продукта [5]. В данной статье рассматривается процесс изготовления картона из кукурузных отходов и возможности его модификации с помощью добавления волластонита ($CaSiO_3$). Этот подход направлен на снижение экологический нагрузки и на повышение механические характеристики картона.

Условия и методы исследования. В качестве основного сырья для производства картона в данном исследовании использовался отход кукурузы, собранный в Алматинской области, Илийском районе. Эксперимент проводился из разных частей остатков кукурузы: в первом образце – простые листья кукурузы (ЛК), во втором – листовая обертка початков (ЛП), в третьем исследовали возможность получения картона из смешанных остатков стеблей и остальных частей кукурузы (СЧК), в четвертом – из листовой обертки початков и листьев кукурузы (ЛКЛП-1, пропорция 1/4), а в последнем образце – из листовой обертки початков и листьев кукурузы с добавлением минерала $CaSiO_3$ (ЛКЛП-2).

Для исследования волокон кукурузы, используемых для картонных образцов, а также для анализа структуры полученных картонных образцов был применен оптический микроскоп Leica DM6000 M в 10x и 20x увеличении. Анализы были проведены на оборудовании «ННЛОТ» КазНУ. Для получения микроскопических снимков был использован метод тёмных

полей, суть которого в создании тёмного фона засчет освещения и улавливания на объектив световых волн, исходящих только от объекта.

Для характеристики волокон кукурузной шелухи и их пригодности для производства картона были рассчитаны три ключевых показателя: коэффициент гибкости, коэффициент жесткости клеточной стенки и коэффициент Ранкеля. Эти параметры позволяют оценить структуру и механические свойства волокон, а также их влияние на качество полученного картона.

Коэффициент гибкости *FC* (%) определяет способность волокон к деформации и плотность их сцепления в бумажном листе (1). Волокна, имеющие коэффициент более 50%, обладают высокой эластичностью, а менее 30% – характеризуются повышенной жесткостью [6]. Коэффициент гибкости – один из важнейших показателей долговечности продукта и определяется по формуле:

$$FC = \left(\frac{LW}{D}\right) \times 100, \quad (1)$$

где: *LW* – ширина просвета волокна (мкм), *D* – диаметр волокна (мкм).

Для определения жесткости волокон и их устойчивости к механическим нагрузкам оценивается коэффициент жесткости клеточной стенки волокон *R* (2). Волокна с высокой жесткостью стенки способствуют повышенной сопротивляемости картона к сжатию и продавливанию. Коэффициент выражается в %, и жесткими волокна считаются, если их коэффициент жесткости клеточной стенки больше 50%. Коэффициент жесткости клеточной стенки определяется по формуле:

$$R = \left(\frac{CW}{D}\right) \times 100, \quad (2)$$

где: *CW* – толщина клеточной стенки (мкм), *D* – диаметр волокна (мкм).

В целях получения нужных характеристик прочности и текстуры оценивается еще один важный показатель – коэффициент Ранкеля *RR* (3). Для получения гладкого и прочного картона желательно, чтобы этот коэффициент был менее 1, так как это указывает на высокую гибкость волокон. Если коэффициент Ранкеля больше 1, волокна становятся жесткими и менее пластичными, что делает материал более ломким [7]. Коэффициент Ранкеля показывает отношение толщины клеточной стенки к ширине просвета и рассчитывается по формуле:

$$RR = \frac{2 \times CW}{LW}, \quad (3)$$

где: *CW* – толщина клеточной стенки (мкм), *LW* – ширина просвета волокна (мкм).

Методика изготовления картонных образцов из кукурузного сырья состоит из ряда технологических этапов, направленных на обеспечение высоких физико-механических свойств картона.

На первом этапе осуществлялась очистка и предварительная обработка растительного сырья перед основными технологическими процессами (рис. 1). 100 г сухого сырья (для каждого образца) нарезали на части размером 1-2 см. Нарезание необходимо для увеличения площади взаимодействия сырья с химическими реагентами на последующих этапах и облегчения дальнейшего измельчения. Предварительно нарезанное сырье подвергалось механическому измельчению. Этот процесс позволяет равномерно распределить частички материала и ускорить химическое воздействие на волокна при варке. Таким образом, меньший размер частиц ускоряет процесс разложения лигнина и извлечения целлюлозы.

В следующем этапе сырье подвергалось процессу варки для удаления лигнина (делигнификация) и получение целлюлозы. Процесс проводился в растворе 10 г NaOH, растворенного в 4 л воды, при температуре 90-95°C в течение 2,5 часов. Щелочная среда способствует разрушению лигнин-связей, позволяя высвободить целлюлозные волокна. После щелочной обработки волокна тщательно промывали дистиллированной водой до нейтрального pH, равного 7. Это необходимо для удаления остатков химических реагентов, которые могут повлиять на механические свойства картона и его экологическую устойчивость. Очищенные волокна проходили дополнительное измельчение для формирования однородной суспензии, обеспечивающей равномерное распределение волокон при отливке картона. Для получения точных данных о сухой массе будущих картонных образцов полученная однородная суспензия проходила процесс сушки.

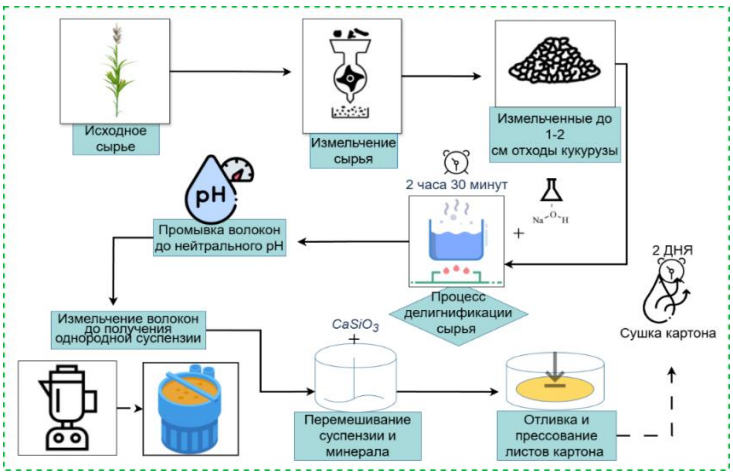
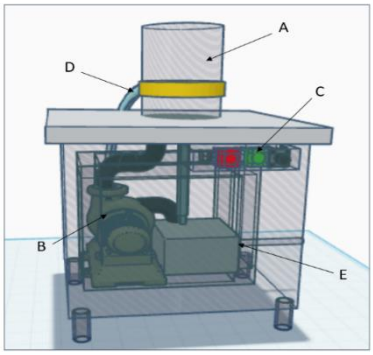


Рис. 1. Процесс получения картона

На дальнейшем этапе для улучшения механических свойств картона в полученную массу добавляли 0,5 г $CaSiO_3$ на 5 г регидратированной целлюлозы (10% массы целлюлозы) и перемешивали с помощью магнитной мешалки. $CaSiO_3$ может улучшить прочность картона, снизить его пористость и повысить влагостойкость, что делает материал более долговечным и устойчивым к механическим нагрузкам, а также влияет на его гладкость [8-10].

В финальном этапе суспензию загружали в лабораторный автоматический аппарат для отлива листов целлюлозы SKZ124b (Цзинань, Китай). Основные стадии процесса отливки были следующими (рис. 2):

суспензию заливали в резервуар машины, после чего она распределялась по сетчатому основанию; вода удалялась с помощью вакуума, а волокна формировали плотный слой; полученный слой уплотняли специальным валиком, выводя остатки воды. Готовый картонный лист диаметром 200 мм прессовали и подвергали сушке: сначала в сушильном шкафу при температуре 60-65°C в течение 5 часов, затем при комнатной температуре в течение 2 дней. Такой метод позволил получить образцы картона с различными механическими характеристиками, зависящими от состава сырья и добавленного минерала.



A – цилиндрическая камера, B – вакуумный насос, C – контрольная панель, D – система насыщения жидкости пузырьками воздуха, E – емкость для отведения жидкости

Рис. 2. Принципиальное схематическое изображение лабораторного автоматического аппарата для отлива листов целлюлозы SKZ124b

Для комплексной оценки качества полученных картонных образцов были проведены испытания, направленные на определение их физико-механических характеристик:

1) Масса картона площадью 1 м^2. Этот показатель позволяет оценить плотность материала и его прочность. Масса картона на 1 м^2 показывает соотношение массы образца на площадь образца.

2) Абсолютное сопротивление давлению (кПа). Этот параметр показывает, какое давление картон способен выдержать перед разрушением, что критично для упаковочной промышленности. Для определения этого параметра применялся метод испытания на разрыв по Маллену, который выполнялся с использованием специального прибора – Automatic Mullen Burst Tester BN-8025C по стандарту ИСО 2759:2014 [11]. Тест основан на создании равномерного гидравлического давления на небольшую область картонного образца до момента его разрыва. Когда картон не выдерживает напряжения и разрывается, фиксируется максимальное приложенное давление, выраженное в килопаскалях (кПа).

3) Прочность на изгиб. Испытание прочности на изгиб определяет, насколько картон устойчив к механическому воздействию при многократных перегибах. Испытания проводились на аппарате NG-623 MIT по методике, описанной в стандарте ГОСТ ИСО 5626-97 [12]. Образцы размером 15 × 100 мм подвергались многократным изгибам в горизонтальном направлении с приложением нагрузки в 4,90 Н. Чем большее количество двойных изгибов

выдерживает материал, тем выше его эластичность и срок службы при механических нагрузках.

4) Влажность картона (%). Определение влажности проводилось путем взвешивания образца в исходном состоянии, затем его сушки в сушильном шкафу при температуре 105 ± 2°C до постоянной массы и повторного взвешивания. Этот показатель определялся в соответствии с ГОСТ 13525.19-91 [13]. Разница в массе позволяла рассчитать процентное содержание влаги. Оптимальный уровень влажности важен, так как чрезмерная влажность может привести к деформации и снижению прочности картона, а слишком сухой материал становится хрупким и менее устойчивым к механическим нагрузкам.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ морфологии показывает, что обычные листья имеют лучше выраженные сосудистые пучки и эпидермальные клетки (рис. 3). Обычные листья кукурузы имеют зеленые участки с хлорофиллом и продольную структуру волокна, они расположены более упорядоченно, чем у листовой обертки початков. У листовой обертки початков менее выраженная волокнистая структура, волокна более короткие, имеют более гладкую поверхность и расположены менее плотно**.**

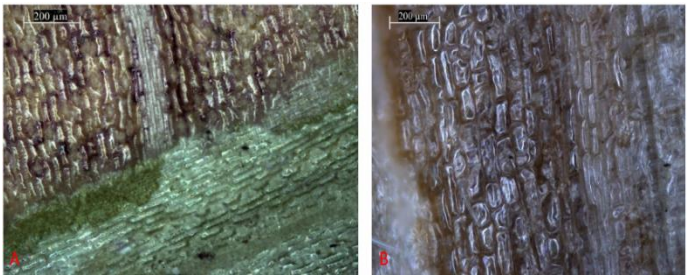


Рис. 3. Микроструктура растительного сырья в 10х увеличении: А – обычные листья кукурузы, В – листовая обертка початков

Кукуруза имеет волокна длиной 1,37-1,8 мм и диаметром 0,03-0,08 мм, ширина просвета 0,013 мм, а толщина клеточной стенки – около 0,008 мм. Характеристики волокна играют решающую роль в определении прочности, жесткости и эластичности картона и бумажных изделий [14].

Оценки волокон разных частей (рис. 4) показывают, что коэффициент гибкости (*FC*) волокна листьев и листовой обертки початков имеют хорошие показатели (43,3% и 30%), а у кожуры стеблей этот показатель 17,08%. Коэффициент жесткости (*R*) клеточной стенки кожуры стебля равен 26%, 10% – у обычных листьев и 16,4% – у листовой обертки початков. Коэффициент Ранкеля (*RR*) у всех был одинаковый, равный 1,2.

Внешний вид полученных картонных образцов значительно различается в зависимости от состава сырья. Образцы ЛК и ЛКЛП-2 демонстрируют наиболее гладкую поверхность по сравнению с другими вариантами (рис. 5). При этом ЛК имеет желтовато-коричневый оттенок, тогда как ЛКЛП-2 отличается серо-коричневым цветом. Образцы ЛП обладают светло-коричневым цветом с заметными мелкими включениями растительных волокон. В свою очередь, образцы СЧК характеризуются шероховатой поверхностью и желтовато-коричневым оттенком. Такая текстура объясняется наличием частиц стеблей кукурузы и других

растительных компонентов, которые неравномерно распределены в процессе формования. Картонные образцы ЛКЛП-1 имеют сравнительно гладкую поверхность и сероватый оттенок.

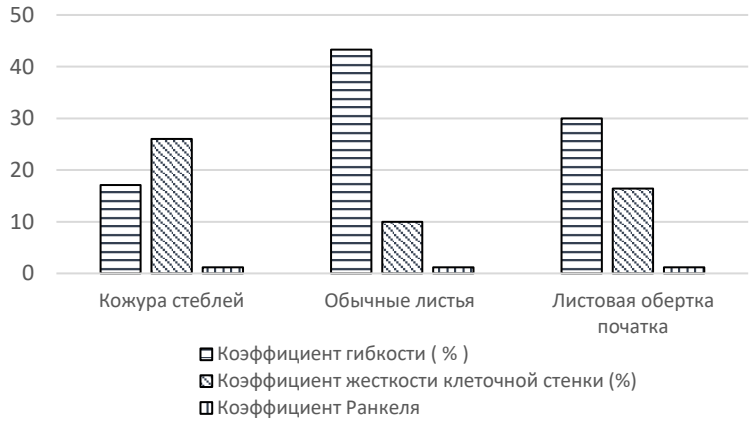


Рис. 4. Морфологическая характеристика волокон листьев кукурузы

Кроме того, некоторые образцы имеют небольшие неровности и микропоры (ЛКЛП-1, СЧК),что может влиять на их механическую прочность и способность поглощать влагу. При визуальном сравнении можно заметить, что некоторые образцы имеют ярко выраженную слоистую структуру,вто время как другие характеризуются однородной и плотной текстурой. Эти особенности могут влиять на дальнейшие эксплуатационные характеристики картона,такие как прочность, влагостойкость и гибкость.

Рис. 5. Экспериментальные образцы картона из волокон листьев кукурузы и других частей растения: 1) ЛК, 2) ЛКЛП-2, 3) ЛП, 4) ЛКЛП-1, 5) СЧК.

Оптические снимки картонных образцов показывают, что структура картонных образцов получилась разнобразной в зависимости от состава картона, в частности, в образце с добавлением $CaSiO_3$ (ЛКЛП-2) структура более рыхлая с наличеим пустот (рис. 6). Частицы $CaSiO_3$ переплетены в волокнистую матрицу, напрямую влияющую на механические свойства картона. Фибры формируют сетчатую структуру. Также видны частицы вперемешку с длинными и короткими волокнами. В образце, где используются только листовые обертки початков (ЛП), волокна формируют достаточно плотную и однородную матрицу, фибры менее выражены, а их границы размыты. В целом, картон из листовой обертки имеет однородную

структуру. Картон с обычными листьями кукурузы (ЛК) имеет менее рыхлую структуру, чем в первом примере, но местами имеются пустоты и сгустки. Длинные и укороченные фрагменты фибры расположены хаотично. Наблюдаются тёмные и светлые остатки лигнина.

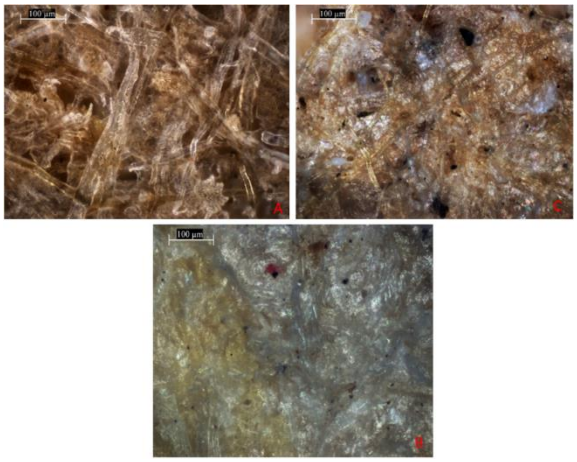


Рис. 6. Микроструктура картонных образцов в 20х увеличении: А – ЛКЛП-2, В – ЛП, С – ЛК

Также, в данном исследовании мы сравнили наши результаты физико-механических свойств картона с данными, представленными в СТ РК 3435-2019 [15], поскольку это позволяет нам оценить, насколько полученные нами результаты соответствуют существующим стандартам и практикам, принятым в Казахстане. Результаты выяленных при определении физико-механических свойств экспериментальных образцов картона приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства картонных образцов

Образцы	Показатели				
	Вес картона площадью 1 м2, г	Толщина мм	Абсолютное сопротивление давлению, кПа	Прочность на изгиб, (количество двойных изгибов)	Влажность, %
СЧК	155,97	0,86±0,01	462,397	10	5,8
ЛКЛП-1	190,99	0,80±0,01	392,135	11	6
ЛКЛП-2	162,5	0,75±0,01	250,540	30	4,1
ЛП	117,01	0,72±0,01	290,330	628	6
ЛК	148	0,78±0,01	219,072	6	5

Среди образцов можно выделить СЧК, ЛКЛП-1 и ЛП, которые демонстрируют характеристики, близкие к маркам картона K-2, KN-2 и KS-2 (табл. 2), соответствующим требованиям, описанным в СТ РК 3435-2019. Образец СЧК показал следующие результаты: сопротивление абсолютному давлению – 462,397 кПа при весе 1 м^2 картона 155,97 г; прочность на изгиб и влажность соответствуют стандартным значениям.

Таблица 2

Физико-механические свойства картонных марок K-2, KN-2, KS-2 по СТ РК 3435-2019 [15]

Марки картона	Показатели			
	Вес картона площадью 1 м2, г	Абсолютное сопротивление давлению, кПа	Прочность на изгиб (количество двойных изгибов), не менее	Влажность, %
K-2, KN-2, KS-2	115±4	320	10	6-8
	125±5	400	10	6-8
	140±6	450	10	6-8
	150±8	480	10	6-8
	175±9	520	15	6-8
	200±10	580	20	6-8
	225±11	640	20	6-8

Образец ЛКЛП-1 также продемонстрировал относительно хорошие показатели, однако его сопротивление давлению при высоком весе 1 м² картона оказалось ниже, чем у других образцов. Остальные параметры соответствуют нормативам. В образце ЛП также наблюдается низкий показатель сопротивления давлению. При весе 1 м², равном 117,01 г, сопротивление давлению составляет 290,330 кПа, что ниже минимального значения, установленного стандартом (320 кПа). Однако, стоит отметить, что прочность на изгиб у этого образца чрезвычайно высока (628 двойных изгибов), что можно объяснить большим количеством волокон и их значительной длиной. Подобные значения обычно характерны для некартонной бумаги, но для полноценной бумаги требуются более подходящие физико-механические свойства по другим параметрам.

В экспериментальных образцах ЛКЛП-2 и ЛК сопротивление давлению относительно веса 1 м² картона также оказалось низким (табл. 1). При этом образец ЛКЛП-2 демонстрирует относительно высокую прочность на изгиб при многократном изгибе в горизонтальном направлении, что приближает его к качественным маркам картона, таким как K-1, KN-1 и KS-1. Этот показатель даже превышает результаты, полученные в других научных исследованиях [5]. Однако существенным недостатком данного образца является уровень влажности, что ограничивает его применение практически в любых назначениях, кроме электроизоляционных картонных коробок, где требуется низкая влажность. Что касается образца ЛК, несмотря на его визуальную привлекательность, ключевые показатели оказались низкими, что делает его менее пригодным для практического использования.

Заключение. В условиях сокращения традиционных ресурсов древесины и роста экологических проблем поиск альтернативных источников целлюлозы становится актуальным направлением. Исследование показало, что кукурузные отходы, особенно кожуру и листья, можно использовать для изготовления картона. Морфологические характеристики волокон кукурузы, такие как коэффициенты гибкости и жесткости стенок, подтверждают их пригодность для изготовления картона с механической прочностью. Экспериментальные образцы показали, что сочетание кукурузных волокон с минеральными добавками, такими как волластонит, улучшает прочность картона, повышает его влагостойкость и снижает пористость, что делает процесс экологически устойчивым. Проведенные испытания подтвердили

соответствие ряда образцов требованиям стандартов упаковочного картона. Оптимальными по прочности, пластичности и влагостойкости оказались модели СЧК и ЛКЛП-1, свойства которых близки к промышленным маркам картона K-2, KN-2, KS-2. Некоторые экспериментальные образцы, такие как ЛП, показали недостаточную прочность на сжатие, но другие показатели соответствовали стандартам. В целом, исследование подтвердило возможность превращения кукурузных отходов в экологически чистый упаковочный материал, который способствует развитию устойчивых технологий в целлюлозно-бумажной промышленности и снижению нагрузки на лесные ресурсы.

Список литературы

1. Казахстан: прогноз сборов кукурузы в 2024 году [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://ab-centre.ru/news/kazahstan-prognoz-sborov-kukuruzy-v-2024-godu. Дата обращения: 31.01.2025.
2. Fagbemigun T.K., Fagbemi O.D., Otitoju O., Mgbachiuzor E., Igwe C.C. Pulp and paper-making potential of corn husk // International Journal of AgriScience. – 2014. – Vol. 4. – P. 209-212.
3. Suseno N., Gondokesumo M.E., Permatasari P.R. Utilization of corn husk for tissue paper making // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2338. – P. A.N. 040019.
4. Dany H.D., Asma A. Development and Characterization of Paper from Corn Husks as a New Material for Newsprint // Proceedings of the First Jakarta International Conference on Multidisciplinary Studies Towards Creative Industries. – Jakarta, Indonesia: JICOMS, 2022.
5. Fiscal R.R., Kristoffer B.V. Dandan. Development and Evaluation of Paper from Corn Husks (Zea mays L.) and Snake Plant Fibers (Sansevieria zeylanica) // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2016. – Vol. 5. – Issue 8. – P. 867-870.
6. Tsalagkas D., Börcsök Z., Pásztory Z., Gryc V., Csóka L., Giagli K.. A comparative fiber morphological analysis of major agricultural residues (used or investigated) as feedstock in the pulp and paper industry // BioResources. – 2021. – Vol. 16. – Issue 4. – P. 7935-7952.
7. Tekleyohanis T., Woldeyes B. Production and characterization of pulp and paper from flax straw // Scientific report. – 2024. – Vol. 14. – P. A.N. 24300.
8. Demidenko N.I., Podzorova L.I., Rozanova V.S., Skorokhodov V.A., Shevchenko V.Ya. Wollastonite as a New Kind of Natural Material (A Review) // Glass and Ceramics. – 2001. – Vol. 58. – P. 308-311.
9. Taurbekov A., Keidar B, Baltabay A., Imash A., Ko W.-B., Ko J.-W., Atamanov M., Mansurov Z., Smagulova G. Valorization of Grass Clipping Waste: A Sustainable Approach to Cellulose Extraction and Paper Manufacturing // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – A.N. 6680.
10. Xue H., Wang G., Hu M., Chen B. Modification of wollastonite by acid treatment and alkali-induced redeposition for use as papermaking filler // Powder Technology. – 2025. – Vol. 276. – P. 193-199.
11. ISO 2759:2014. Board. Determination of bursting strength. – Introduced. 2014-07-01. – Switzerland, ISO. – 3 p.
12. ГОСТ ИСО 5626-97. Определение прочности на излом при многократных перегибах (методы Шоппера, Ломаржи, Келер-Молина, MIT) [Текст]. – Введ. 1997-04-25. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997 – 3 с.
13. ГОСТ 13525.19-91. Бумага и картон. Определение влажности метод высушивания в сушильном шкафу [Текст]. – Введ. 1993-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2007 – 53 с.

14. Ekhuemelo D.O., Tor K. Assessment of fibre characteristics and suitability of maize husk and stalk for pulp and paper production // Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment. – 2013. – Vol. 5. – Issue 1. – P. 41-49.
15. СТ РК 3435-2019. Картон для плоских слоев гофрированного картона. Технические условия [Текст]. – Введ. 2020-07-01. – Астана: Мемстандарт, 2014. – 5 с.

Авторы выражают благодарность лаборатории энергоемких наноматериалов Института проблем горения за предоставленное оборудование и поддержку в проведении экспериментов. Особая признательность А.Т. Таурбекову за ценные советы и помощь.

Материал поступил в редакцию 14.02.24, принят 11.03.25.

А.Н. Жумажанов[1,2], К.М. Азимбекова[1], З.А. Мансуров[1,2], К.К. Хамитова[1], С.Т. Казакбаев[3], С.Т. Нуртазин[1], Е.О. Досжанов[1,2]

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Жану проблемалары институты, Алматы қ., Қазақстан
[3]ЖШС «Alemtrade», Алматы қ., Қазақстан

ЦЕЛЛЮЛОЗАНЫҢ БАЛАМА КӨЗДЕРІ: КАРТОН ӨНДІРІСІНДЕ ЖҮГЕРІ ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН ВОЛЛАСТОНИТТІ ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Аңдатпа. Жұмыста жүгері қалдықтарының әртүрлі фракцияларынан экологиялық таза картон өндіру және картонның қасиеттерін жақсарту үшін волластонит ($CaSiO_3$) қосу мүмкіндігі зерттелді. Шикізаттың әртүрлі құрамдарымен тәжірибелер жүргізілді: қарапайым жүгері жапырақтары, құлақ жапырақтары, механикалық қасиеттерін жақсарту үшін $CaSiO_3$ қосылған жүгерінің барлық бөліктерінің аралас қалдықтары. Картон алу процесі NaOH-мен делигнификациялаудыды, жууды, ұсақтауды, құюды және кептіруді қамтыды. Дайын үлгілердің 1 м^2 ауданға салмағы, қысымға төзімділігі, иілу беріктігі сияқты физикалық-механикалық сипаттамаларды талдады. Оңтайлы қасиеттерді бірқатар көрсеткіштер бойынша K-2, KN-2, KS-2 картонының (ҚР СТ 3435-2019) өнеркәсіптік маркаларына сәйкес келетін СЧК, ЛКЛП-1, ЛП үлгілері көрсетті. Қысымға ең жақсы қарсылықты СЧК үлгісі көрсетті (462.397 кПа), ЛП үлгісі жоғары иілу беріктігімен ерекшеленді (628 қос иілулер). $CaSiO_3$ ЛКЛП-2 үлгісі жақсы икемділікке ие болды, бірақ ылғалдылық деңгейі төмен болды (4.1 %), бұл оны пайдалануды шектейді. Зерттеу нәтижелері жүгері қалдықтары картон өндірісінің балама шикізат көзі болуы мүмкін екенін және $CaSiO_3$ картонының модификациясы оның механикалық қасиеттерін жақсарта алатынын көрсетті, бірақ қосымша зерттеуді қажет етеді.

Тірек сөздер: жүгері, картон, целлюлоза, тұрақты өндіріс, ауылшаруашылық қалдықтарын қайта өңдеу.

A.N. Zhumazhanov[1,2], K.M. Azimbekova[1], Z.A. Mansurov[1,2], K.K. Khamitova[1], S.T. Kazakbaev[3], S.T. Nurtazin[1], Y.O. Doszhanov[1,2]

[1]Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan
[2]The Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan
[3]LLP «Alemtrade», Almaty, Kazakhstan

ALTERNATIVE SOURCES OF CELLULOSE: PROSPECTS FOR THE USE OF CORN WASTE AND WOLLASTONITE IN THE PRODUCTION OF CARDBOARD

Abstract. The scientific work examines the possibility of producing environmentally friendly cardboard from various fractions of corn waste and adding wollastonite ($CaSiO_3$) to improve the properties of cardboard. Experiments were conducted with various raw material compositions: simple corn leaves, cob leaves, mixed waste of all parts of corn with the addition of $CaSiO_3$ to improve mechanical properties. The process included delignification with NaOH, washing, grinding, casting and drying. The finished samples were analyzed for their physical and mechanical characteristics, such as gramage, pressure resistance, and bending strength. The optimal properties were shown by the samples of SCK, LKLP-1, LP, which, according to a number of indicators, correspond to the industrial grades of cardboard K-2, KN-2, KS-2 (ST RK 3435-2019). The best pressure resistance was shown by the SCC sample (462.397 kPa), the LP sample was characterized by high bending strength (628 double bends). The sample with $CaSiO_3$ LKLP-2 had good flexibility, but the humidity level was low (4.1%), which limits its use. The results of the study showed that corn waste can be an alternative source of raw materials for the production of cardboard and that modification of $CaSiO_3$ cardboard can improve its mechanical properties and smoothness, however, the scientific topic requires further research.

Keywords: corn, cardboard, cellulose, sustainable production, processing of agricultural waste.

References

1. Kazakhstan: forecast of corn harvest in 2024 [Electronic resource]: – Access mode: https://ab-centre.ru/news/kazahstan-prognoz-sborov-kukuruzy-v-2024-godu. Date of access: 31.01.2025. [in Russian].
2. Fagbemigun T.K., Fagbemi O.D., Otitoju O., Mgbachiuzor E., Igwe C.C. Pulp and paper-making potential of corn husk // International Journal of AgriScience. – 2014. – Vol. 4. – P. 209-212.
3. Suseno N., Gondokesumo M.E., Permatasari P.R. Utilization of corn husk for tissue paper making // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2338. – P. A.N. 040019.
4. Dany H.D., Asma A. Development and Characterization of Paper from Corn Husks as a New Material for Newsprint // Proceedings of the First Jakarta International Conference on Multidisciplinary Studies Towards Creative Industries. – Jakarta, Indonesia: JICOMS, 2022.
5. Fiscal R.R., Kristoffer B.V. Dandan. Development and Evaluation of Paper from Corn Husks (Zea mays L.) and Snake Plant Fibers (Sansevieria zeylanica) // International Journal of Science and Research (IJSR). – 2016. – Vol. 5. – Issue 8. – P. 867-870.
6. Tsalagkas D., Börcsök Z., Pásztory Z., Gryc V., Csóka L., Giagli K.. A comparative fiber morphological analysis of major agricultural residues (used or investigated) as feedstock in the pulp and paper industry // BioResources. – 2021. – Vol. 16. – Issue 4. – P. 7935-7952.
7. Tekleyohanis T., Woldeyes B. Production and characterization of pulp and paper from flax straw // Scientific report. – 2024. – Vol. 14. – P. A.N. 24300.

8. Demidenko N.I., Podzorova L.I., Rozanova V.S., Skorokhodov V.A., Shevchenko V.Ya. Wollastonite as a New Kind of Natural Material (A Review) // Glass and Ceramics. – 2001. – Vol. 58. – P. 308-311.
9. Taurbekov A., Keidar B, Baltabay A., Imash A., Ko W.-B., Ko J.-W., Atamanov M., Mansurov Z., Smagulova G. Valorization of Grass Clipping Waste: A Sustainable Approach to Cellulose Extraction and Paper Manufacturing // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – A.N. 6680.
10. Xue H., Wang G., Hu M., Chen B. Modification of wollastonite by acid treatment and alkali-induced redeposition for use as papermaking filler // Powder Technology. – 2025. – Vol. 276. – P. 193-199.
11. ISO 2759:2014. Board. Determination of bursting strength. – Introduced. 2014-07-01. – Switzerland, ISO. – 3 p.
12. GOST ISO 5626-97. Opredeleniye prochnosti na izlom pri mnogokratnykh peregibakh (metody Shoppera, Lomarzhi, Keler-Molina, MIT) [GOST ISO 5626-97. Determination of fracture strength at multiple bends by Shopper, Lomarzhi, Koehler-Molina, MIT methods]. – Introduced. 1997–04–25. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1997 – 3 p. [in Russian].
13. GOST 13525.19-91. Bumaga i karton. Opredeleniye vlazhnosti metod vysushivaniya v sushil'nom shkafu [GOST 13525.19-91. Paper and cardboard. Humidity determination is a drying method in a drying oven]. – Introduced. 1993–01–01 Moscow: Standartinform, 2007 – 53 p. [in Russian].
14. Ekhuemelo D.O., Tor K. Assessment of fibre characteristics and suitability of maize husk and stalk for pulp and paper production // Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment. – 2013. – Vol. 5. – Issue 1. – P. 41-49.
15. ST RK 3435-2019. Karton dlya ploskikh sloyev gofrirovannogo kartona.Tekhnicheskiye usloviya [ST RK 3435-2019. Cardboard for flat layers of corrugated cardboard.Technical specifications]. – Introduced. 2020–07–01. – Astana: Memstandart, 2014. – 5 p. [in Russian].

IRSTI 61.53.03

Zh.K. Seitzhapar[1] – *main author*,
A.N. Nurlybayeva[2], Kh.R. Sadiyeva[3],
G.A. Seitbekova[4], K.B. Bulekbayeva[5], Ye.T. Botashev[6]

©

[1]Student, [2,6]PhD, Associate Professor,
[3,4,5]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ORCID
[2]https://orcid.org/0000-0001-9904-9979 [3]https://orcid.org/0000-0002-8925-8053
[4]https://orcid.org/0000-0001-7087-7180 [5]https://orcid.org/0009-0003-1747-179X
[6]https://orcid.org/0000-0001-5090-3142

[1,2,3,4]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[5]Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Taraz, Kazakhstan
[6]South Kazakhstan State University named after M.O. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

@ *[2]rustem_ergali@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/IVUK2711

DETERMINATION OF THE ENTHALPY OF COMBUSTION OF DIMETHYL SULFOXID

Abstract. This study explores the physicochemical properties, synthesis, and applications of dimethyl sulfoxide (DMSO), a polar aprotic solvent with significant commercial and scientific relevance. The paper details its molecular structure, production methods – primarily the oxidation of dimethyl sulfide and diverse uses, including its role as a solvent, cryoprotectant, PCR inhibitor, and therapeutic agent. Experimental work focuses on thermochemical analysis using an IKA C 6000 calorimeter to determine the combustion enthalpy of substances. The calorimetric setup, calibration with benzoic acid, and measurement protocols are described, emphasizing the precision and automation of modern calorimetry. The study underscores DMSO's versatility in industrial, medical, and laboratory contexts, supported by its unique properties such as high boiling point, dipole moment, and ability to penetrate biological membranes.

Keywords: dimethyl sulfoxide (DMSO), polar aprotic solvent, thermochemical analysis, enthalpy of combustion, calorimetry (IKA C 6000).

Seitzhapar Zh.K., Nurlybayeva A.N., Sadiyeva Kh.R., Seitbekova G.A., Bulekbayeva K.B., Botashev Ye.T. Determination of the enthalpy of combustion of dimethyl sulfoxid //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.325-331. https://doi.org/10.55956/IVUK2711

Introduction. Dimethyl sulfoxide (DMSO) is an organosulfur compound with the formula $(CH_3)_2SO$. This colorless liquid is a sulfoxide and is the most widely used commercially. It is an important polar aprotic solvent that dissolves both polar and nonpolar compounds and is miscible with a wide range of organic solvents as well as water. It has a relatively high boiling point. DMSO is metabolized into compounds that leave a garlic-like taste in the mouth after being absorbed through the skin [1,5].

From a chemical structure perspective, the molecule has an idealized rotational symmetry. It exhibits a trigonal pyramidal molecular geometry, characteristic of other three-coordinate S(IV) compounds, with a lone electron pair on the approximately tetrahedral sulfur atom.

Dimethyl sulfoxide was first synthesized in 1866 by the Russian scientist Alexander Zaitsev, who reported his findings in 1867 [3]. Its modern use as an industrial solvent began with the efforts of Thor Smedslund from the Stepan Chemical Company.Dimethyl sulfoxide is produced on an industrial scale from dimethyl sulfide, a byproduct of the kraft process, through oxidation with oxygen or nitrogen dioxide. The primary method for obtaining DMSO is the oxidation of dimethyl sulfide (C_2H_6S). In industry, this process is carried out using nitric acid, oxygen, or nitrogen dioxide [4].

DMSO is also a byproduct of paper production. In laboratory conditions, potassium periodate in an organic solvent–water mixture can be used for the mild and selective oxidation of dimethyl sulfide. However, laboratory methods for DMSO synthesis have no practical significance, as dimethyl sulfide is inconvenient to handle, and industrially produced DMSO is readily available. The annual production of DMSO is measured in tens of thousands of tons.

Materials and methods. In this work, three thermochemical experiments were carried out on the combustion of various samples of dimethyl sulfoxide in polyethylene ampoules. To determine the heat capacity of the calorimetric system in the IKA C 6000, a specific amount of a reference substance benzoic acid is burned. Calibration with benzoic acid is performed in isoperibolic mode at a temperature of 25°C. The value is displayed on the instrument screen during measurement.

Solid samples can be burned directly in the decomposition vessel in the form of powders or tablets. When working with unknown substances, the sample mass for preliminary testing should not exceed 0.25 g. As part of educational tasks, the heat of combustion of activated carbon, glucose, succinic and acetylsalicylic acids, sugar, flammable polar solvents, and other substances is determined.

1. System StartupBy turning the oxygen cylinder valve counterclockwise, oxygen is supplied to the calorimeter, and the O_2 pressure is checked – it should be 30 bar. The switch for the calorimeter (1) is turned on on the right wall, while on the upper left side of the back wall, the switch for the cooling liquid supply system RC 2 basic (cryothermostat) (3) is turned on (Fig. 1).

To start the cryothermostat, press and hold the “Temp” button. When the “Set” indicator light is on, the set temperature is displayed. This temperature alternates with the current temperature of the cryothermostat (when the “Set” light is off). The right side of the display also shows the pump speed (2000 or 2500).

After switching on the instrument, an initial system check is performed (Fig. 3a), during which the required temperature is set (for operation at 25°C, the coolant temperature is maintained within $20.5 < t < 23.0$°C). Once the initial system check is completed, the calorimeter is ready for use, indicated by green check marks in the “External circuit flow check” and “Internal circuit flow check” lines (Fig. 1a).

2. Preparing the Calorimetric Vessel. During the system’s preliminary check, the calorimetric vessel is disassembled (Fig. 3b). The lid is removed and placed on a stand (Fig. 1c).

a b c

Fig. 1. Indication on the display of the system preliminary check mode (a), calorimetric vessel on a stand (b) and disassembled (c)

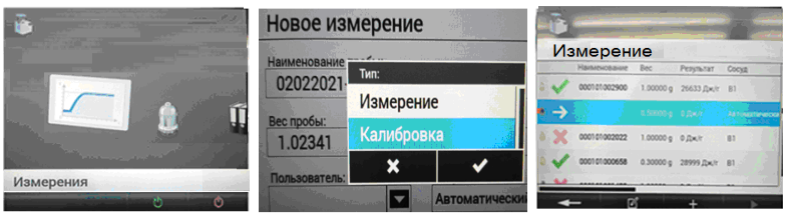
3. 1.0 ml of distilled water is poured into the lower lid of the calorimeter vessel using a measuring pipette (Fig. 2a), and the test substance (liquid or tablets), pre-weighed to an accuracy of 0.1 mg, is placed in the crucible (Fig. 2b).

a b c

Fig. 2. The lower lid of the calorimetric vessel (a), the crucible with tablets of benzoic acid (b) and the lower lid assembly (c)

4. Placing the Crucible.The crucible is placed into the socket of the lower lid of the calorimetric vessel (Fig. 4c), and the position of the cotton ignition thread is fixed in the ignition device using tweezers. The decomposition vessel is then sealed (2).

5. Switching to Measurement Mode. To switch to operation mode, tap on the graph icon (Fig. 3a) and select the “Measurement” mode (Fig. 5a). Then, press the “+” button (add measurement) at the bottom of the display (Fig. 5b). A “New Measurement” window will open on the display (Fig. 5b).In this window, enter the sample name, sample mass, and experiment type (Measurement). The entered data is saved and displayed on the instrument screen (Fig. 5c).



a b c

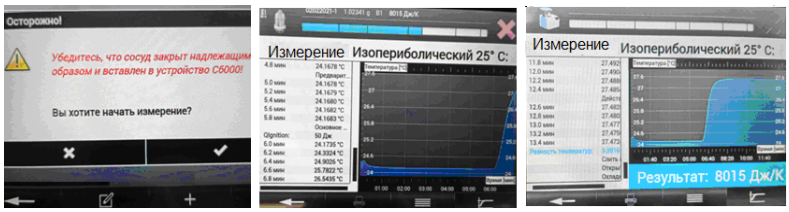
Fig. 3. The sequence of operating modes during calibration of the calorimeter: a – switching to the “Measurement” mode, b – entering the mass of tablets and selecting the operating mode, c – saving the entered data

6. The decomposition vessel (2) is scanned by the calorimeter reader. If the device is ready for operation and the calorimeter recognizes its decomposition vessel, then after an audible signal, the vessel (2) is inserted into the lid of the calorimeter (1), (Fig. 1). After fixing the vessel in the lid of the calorimeter, a window appears on the display with the inscription “Do you want to start measuring?” (Fig. 6a).

7. Starting the Measurement. Press the “Start Measurement” (✓) button or “Cancel Measurement” (✗). After confirming the start of the measurement, the decomposition vessel is lowered into the calorimeter. The measurement process is then indicated on the display (Fig. 6b and 6c).

8. Automatic Experiment Execution. The experiment runs automatically. Over 15-20 minutes, the external and internal chambers are filled with water, and their temperatures are equalized. The benzoic acid tablet is ignited, and the temperature is recorded during combustion (Fig. 4 b and c).

The combustion results of 0.48663 g of DMSO are presented in Table 1.



a b c

Fig. 4. Transition to the beginning of measurements (a) and indication of the measurement stages: filling the boiler with water and igniting the tablet (b), measurement results with a graph of temperature versus time (c)

Table 1

Temperature in Various Calorimeter Modes During the Combustion of 0.48663 g of DMSO and 0.17477 g of Polyethylene

Mode “Align”		“Basic” mode		“Basic” mode	
τ, min	*t*, °C	*t*, min	*t*, °C	*τ*, min	*t*, °C
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
0.0	25.0394	4.4	25.0283	9.2	28.1306
0.2	25.0383	4.6	25.269	9.4	28.1283
0.4	25.0351	4.8	26.0576	9.6	28.126
0.6	25.0319	5.0	26.9796	9.8	28.1237
0.8	25.0298	5.2	27.5352	10.0	28.1213
1.0	25.0283	5.4	27.8127	10.2	28.1189
1.2	25.0271	5.6	27.954	10.4	28.1164
1.4	25.0262	5.8	28.0306	10.6	28.1138
1.6	25.0256	6.0	28.0744	10.8	28.1113
1.8	25.0252	6.2	28.1001	11.0	28.1087
2.0	25.0248	6.4	28.1167	11.2	28.1061
2.2	25.0245	6.6	28.1263	“Action” mode	
2.4	25.0244	6.8	28.133	*τ*, min	*t*, °C
2.6	25.0243	7.0	28.1372	11.4	28.7035
2.8	25.0242	7.2	28.1397	11.6	28.1009
3.0	25.0242	7.4	28.1411	11.8	28.0982

Table 1 (continued)

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
3.2	25.0242	7.6	28.1416	12.0	28.0956
Mode “Preliminary”		7.8	28.1413	12.2	28.0930
τ, min	*t*. °C	8.0	28.1405		
3.4	25.0243	8.2	28.1394		
3.6	25.0243	8.4	28.1381		
3.8	25.0243	8.6	28.1366		
4.0	25.0244	8.8	28.1347		
4.2	25.0246	9.0	28.1327		

Throughout the experiment, the display on the left shows status indicators such as “Close…”, “Fill…”, “Stabilization…”, etc. The “Fill…” mode is accompanied by temperature recordings at intervals of 0.2 minutes: “Equalization…” (00.0-04.4 min)

Research results and discussion. Comparison of graphical and measured values of temperature rise and amount of heat.

Experiment №1. The dependence of temperature on time during the combustion of 0.48663 g of DMSO and 0.17477 g of polyethylene is shown in Figure 5.

The inflection point of the main period of experience (Fig. 3) is equal to 5 minutes. For a time of 5 minutes, we get:

$$t_{finite}. = 28{,}25341-(0{,}01315\cdot 5) = 28{,}18766^{o}C.$$
$$t_{Start}. = 25{,}0512891+(0{,}00035\cdot 5) = 25{,}0248^{o}C. \quad (1)$$
$$\Delta_{tgraph} = 28.18766 - 25.0248 = 3.16286^{o}C.$$

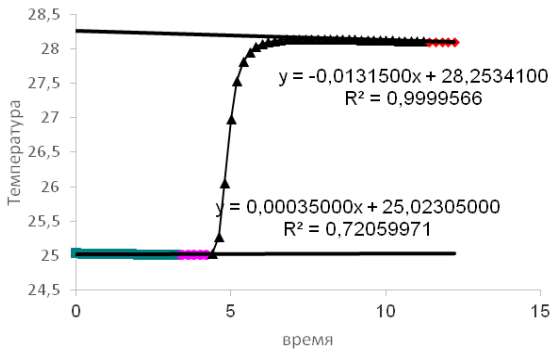


Fig. 5. Temperature versus time dependence during combustion of 0.48663 g of DMSO and 0.17477 g of polyethylene

Using the formula, we calculate the heat of combustion of DMSO:

$$Q\text{-graph}=W\Delta t=8036\cdot 3.16286=25416 \text{ J/g} =25.416 \text{ kJ/g} \quad (2)$$

The heat of combustion measured by the device was 30.331 kJ/g.

The molar mass of DMSO is 78.13 g/mol. We calculate the experimentally obtained enthalpies of combustion of DMSO:

$$\Delta H^{o}_{c,\,graph} = 25.416 \cdot 78.13 = 1985.75 \text{kJ/mol}.$$
$$\Delta H^{o}_{c,\,device} = 30.311 \cdot 78.13 = 2368.19 \text{ kJ/mol}. \quad (3)$$

During the combustion of a substance, water is formed, therefore, it is necessary to subtract the heat of its condensation from the value obtained.

The error in determining Q is equal to δ=(20048-25416)/20048*100=26,8%

The error in determining Δt=(3,77439 -3,16286) /3,77439 * 100 =16,2%

Conclusion. As a result of experimental studies in the scientific laboratory of the Department of General and Inorganic Chemistry, we got acquainted with the operation of the IKA C 6000 global standard/isoperibol calorimeter. This calorimeter was used to conduct experiments on the combustion of three samples of acetonitrile (AN) and dimethyl sulfoxide (DMSO). As a result of processing the obtained experimental data, the experimental value of the enthalpy of combustion of AN ΔHco(ANexp.) was calculated, which was -1197.4 kJ/mol. And also the value of the temperature change (Δtgraph) was determined graphically and the heat of combustion of DMSO Qgraph was calculated. A comparison of Δtgraph and Δtdevice, as well as Qgraph and Qdevice was made. The obtained value was compared with the theoretically calculated ΔHco(AH-theor.) using the equation of the AN combustion reaction and reference values of the enthalpies of formation of substances (-1175.2 kJ/mol). Comparison of these values gives an error in determining ΔcHe(AH-exp.) equal to 1.9%.

A comparison was made between Δtgraph and Δtdevice, as well as Qgraph and Qdevice.

References

1. Binder J. L. The Thermodynamic Functions of Methyl Mercaptan and Dimethyl Sulfide //Journal of Chemical Physics. – 1950. – Vol. 18. – No. 1. – P. 77-78.
2. Caton J. A. Implications of fuel selection for an SI engine: Results from the first and second laws of thermodynamics //Fuel. – 2010. – Vol. 89. – No. 11. – P. 3157-3166.
3. Tsatsaronis G. et al. Understanding the thermodynamic inefficiencies in combustion processes //Energy. – 2013. – Vol. 62. – P. 3-11.
4. Gavrilin M. V., Sen'chukova G. V., Kompantseva E. V. Methods for the synthesis and analysis of dimethyl sulfoxide (A Review) //Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2000. – Vol. 34. – No. 9. – P. 490-493.
5. Aktas A. Z. A Review and comparison of renewable energy strategies or policies of some countries //2015 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). – IEEE, 2015. – P. 636-643.
6. Poletto M., Zattera A. J., Santana R. M. C. Thermal decomposition of wood: kinetics and degradation mechanisms //Bioresource Technology. – 2012. – Vol. 126. – P. 7-12.
7. Shkol'nikov Ye.V. Obshchaya i neorganicheskaya khimiya.Termokhimiya rastvorov elektrolitov [General and inorganic chemistry. Thermochemistry of electrolyte solutions]. – St. Petersburg: SPbGLTU, 2022. – 32 p. [in Russian].
8. Sum A.K., de Pablo J.J. Molecular simulation study on the influence of dimethylsulfoxide on the structure of phospholipid bilayers //Biophysical journal. – 2003. – Vol. 85. – No. 6. – P. 3636-3645.
9. Boyle A. J. et al. Solvent stimulated actuation of polyurethane-based shape memory polymer foams using dimethyl sulfoxide and ethanol //Smart Materials and Structures. – 2016. – Vol. 25. – No. 7. – P. 075014.
10. Chalaris M., Marinakis S., Dellis D. Temperature effects on the structure and dynamics of liquid dimethyl sulfoxide: A molecular dynamics study //Fluid phase equilibria. – 2008. – Vol. 267. – No. 1. – P. 47-60.

Received: 28 February 2025
Accepted: 20 March 2025

**Ж.К. Сейтжапар[1], А.Н. Нурлыбаева[1], Х.Р. Садиева[1],
Г.А. Сейтбекова[1], К.Б. Булекбаева[2], Е.Т. Боташев[3]**

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]М. Әуезова атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ДИМЕТИЛ СУЛЬФОКСИДІНІҢ ЖАНУ ЭНТАЛПИЯСЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Бұл зерттеу маңызды коммерциялық және ғылыми маңызы бар полярлы апротикалық еріткіш диметилсульфоксидтің (DMSO) физика-химиялық қасиеттерін, синтезін және қолданылуын зерттейді. Қағаз оның молекулалық құрылымын, өндіру әдістерін - ең алдымен диметил сульфидінің тотығуын және оның еріткіш, криопротектор, ПТР ингибиторы және терапевтік агент ретіндегі рөлін қоса алғанда, әртүрлі қолдануларды егжей-тегжейлі сипаттайды. Эксперименттік жұмыс заттардың жану энтальпиясын анықтау үшін IKA C 6000 калориметрін пайдаланып термохимиялық талдауға бағытталған. Калориметриялық орнату, бензой қышқылымен калибрлеу және өлшеу протоколдары сипатталған, қазіргі заманғы калориметрияның дәлдігі мен автоматтандырылуына баса назар аударылады. Зерттеу DMSO-ның жоғары қайнау температурасы, дипольдік моменті және биологиялық мембраналарға ену қабілеті сияқты бірегей қасиеттерімен расталған өнеркәсіптік, медициналық және зертханалық контексттегі әмбебаптығын көрсетеді.

Тірек сөздер: диметил сульфоксиді (DMSO), полярлық апротикалық еріткіш, термохимиялық талдау, жану энтальпиясы, калориметрия (IKA C 6000).

**Ж.К. Сейтжапар[1], А.Н. Нурлыбаева[1],
Х.Р. Садиева[1], Г.А. Сейтбекова[1], К.Б. Булекбаева[2], Е.Т. Боташев[3]**

[1]Таразский университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Тараз, Казахстан
[3]Южно-Казахстанский университет имени М.Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ СГОРАНИЯ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА

Аннотация. В данном исследовании изучаются физико-химические свойства, синтез и применение диметилсульфоксида (ДМСО), полярного апротонного растворителя, имеющего важное коммерческое и научное значение. В статье подробно описывается его молекулярная структура, методы производства (в первую очередь окисление диметилсульфида) и различные варианты его применения, включая его роль в качестве растворителя, криопротектора, ингибитора ПЦР и терапевтического агента. Экспериментальная работа была сосредоточена на термохимическом анализе с использованием калориметра IKA C 6000 для определения энтальпии сгорания веществ. Описаны калориметрическая установка, калибровка с использованием бензойной кислоты и протоколы измерений с упором на точность и автоматизацию современной калориметрии. Исследование подчеркивает универсальность ДМСО в промышленных, медицинских и лабораторных условиях, о чем свидетельствуют его уникальные свойства, такие как высокая температура кипения, дипольный момент и способность проникать через биологические мембраны.

Ключевые слова: диметилсульфоксид (ДМСО), полярный апротонный растворитель, термохимический анализ, энтальпия сгорания, калориметрия (IKA C 6000).

МРНТИ 64.29.14

У.Н. Бегешова[1] – *основной автор*, **А.А. Ешжанов[2], Б. Абзалбекулы[3]** ©

[1]*Докторант*, [2,3]*PhD*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0006-4522-6654* [2]*https://orcid.org/0000-0002-5246-8233* [3]*https://orcid.org/0000-0002-9552-0388*

[1,2]*Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*
[3]*Таразский университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*

@ [1]*ulzhan.nugman2015@gmail.com* [2]*abilda_1977@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UWXI3703

МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УЛУЧШЕНИЮ ТКАНЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ТОО «МТС» КОМПАНИИ ЛТД

Аннотация. Данное исследование посвящено анализу материалов для специальной одежды с использованием маркетинговой информации. Целью работы заключается в выявлении предпочтений целевой аудитории и анализе современных тенденций в выборе материалов и технологий. Исследование состоит из трех этапов: на первом этапе осуществляется отбор статей из базы данных Web of Science и Scopus, что более подробно рассматривает технические аспекты и систематически обрисовывает объемные данные, предоставляя аналитическое представление в процессе обзора. Во втором этапе используются методы анкетирования, фокус-групп и наблюдения, что позволило собрать актуальные данные о потребительских предпочтениях и восприятии характеристик специальной одежды. Для реализации вышеизложенного, базируясь на работах ученых, нами применены общие методы проведения экспертного опроса на строительных обьектах. Мы применили общие методы проведения экспертного опроса на строительных предприятиях ТОО «МТС» Компании ЛТД и корпорациях «Саламат». Третий этап – анализ улучшения тканей и функционадьных характеристик спецодежды. Одновременно были проанализированы короткие интервью, проведены наблюдения, преобразована матрица рангов спецодежды по результатам опроса экспертов и тестирования в формате Google.

Ключевые слова: специальная одежда, ткани, маркетинговые исследования, функциональная характеристика, обеспечение качества, предприятие, экспертная оценка, средства индивидуальной защиты.

Бегешова, У.Н. Маркетинговое исследование по улучшению тканей и функциональных характеристик спецодежды для строителей на примере ТОО «МТС» компании ЛТД [Текст] / У.Н. Бегешова, А.А. Ешжанов, Б. Абзалбекулы //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.332-341. https://doi.org/10.55956/UWXI3703

Введение. В современных условиях динамичного развития отрасли производства одежды, специализированные сегменты, такие как специальная

одежда, становятся все более актуальными. Специальная одежда используется в различных сферах, включая медицину, строительство, энергетику и другие профессии, где важны не только эстетические, но и функциональные характеристики [1]. Поэтому понимание потребностей целевой аудитории и особенностей материалов, используемых для производства, играет ключевую роль в создании конкурентоспособной продукции. Маркетинговая информация представляет собой важный инструмент для анализа рынка и формирования стратегий развития. Использование современных методов сбора и анализа данных позволяет выявить предпочтения потребителей, определить их ожидания и потребности, а также оценить влияние материалов на восприятие специальной одежды [2]. Цель данного исследования – проанализировать материалы, применяемые в производстве специальной одежды, с акцентом на маркетинговую информацию. В рамках работы будет рассмотрен текущий рынок, тенденции в выборе материалов и их восприятие потребителями [3]. Исследование направлено на выявление возможностей для оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности в данной нише.

Ситуация в стране принципиально меняется в сторону инновационного и индустриального развития. В связи с этим пришла модернизация промышленности, строительства, сформировалась работоспособность национальной инновационной системы. Вместе с этим пришло развитие научно-инновационного процесса в строительной индустрии. В настоящее время растущий интерес к специальной одежде и требования безопасности рабочих и экологичности являются определяющими при создании спецодежды для монтажников [4]. Поэтому разработка спецодежды, для монтажников которая наиболее полно удовлетворит строительные предприятия ТОО «МТС» Компании ЛТД, ставит перед нами необходимость проведения маркетинговых исследований. Маркетинговые исследования – это систематический и объективный процесс идентификации, сбора, анализа и распространения информации, направленный на повышение эффективности выявления и решения маркетинговых проблем [5]. Основная цель их заключается в создании информационно-аналитической базы для принятия маркетинговых решений и снижения уровня неопределенности, связанной с ними. Использование маркетинговой информации, способствует разработке и внедрению мероприятий развития предприятия и опыт эффективно действующих строительных компаний. Чтобы решить эту задачу наиболее рационально, необходимо сформировать комплекс взаимосвязанных направлений в маркетинговых исследованиях.

Условия и методы исследования. В исследовании материалов для специальной одежды с применением маркетинговой информации использовались разнообразные методы и подходы, что позволило получить комплексное представление о рынке и потребительских предпочтениях. Основным методом сбора первичных данных стали анкеты, которые были разработаны с учетом ключевых факторов, влияющих на выбор специальной одежды. Вопросы анкеты охватывали предпочтения в материалах, таких как водоотталкивающие, дышащие и износостойкие свойства. Участники также оценивали важность функциональных характеристик, включая комфорт, безопасность и стиль. Кроме того, анкета содержала вопросы о демографических данных респондентов, таких как возраст, профессия и опыт в использовании специальной одежды. Для более глубокого понимания

мнений и предпочтений целевой аудитории были организованы обсуждения с ее представителями. Это позволило выявить эмоциональные и психологические аспекты выбора специальной одежды, которые зачастую оказывают значительное влияние на принятие решения. Собранная информация способствовала формированию более точных и адаптивных предложений на рынке специальной одежды, учитывающих реальные потребности и запросы пользователей [6,7].

Процесс маркетинговых исследований включает следующие методы, представленные на рисунке 1. Эффективность результатов метода зависит от правильного и четкого сбора информации. Маркетинговые исследования позволяют выявить наиболее рациональный вид спецодежды для рабочих монтажников. Выбор проведения опроса – это метод сбора первичной информации посредством анкет или других форм опроса людей относительно уровня их знаний, предпочтений и покупательского поведения в отношении какого-либо объекта. Опрос является самым распространенным методом получения первичной информации. Чаще всего он проводится с использованием структурированной анкеты, в которой вопросы расположены в строгом порядке и его должен придерживаться интервьюер, задавая вопросы респонденту – строителям. Эксперты выбираются из числа специалистов в изучаемой области из числа монтажников и инженерно-технических работников (ИТР). Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы [8].

Главным инструментом реализации методов экспертного опроса и наблюдения является анкетирование. С ее помощью можно получить информацию о поведении респондента – монтажника, его отношениях и мнениях, уровне осведомленности, социально-экономических и демографических характеристиках [9]. Для реализации вышеизложенного, базируясь на работах ученых, нами применены общие методы проведения экспертного опроса на строительных предприятиях ТОО «МТС» Компании ЛТД и корпорациях «Саламат».

Определение цели опроса	•идентификация проблемы •определение круга экспертов •формирования вопросов •определение модели анкеты
Сбор информации о спецодежде	•применяемые материалы •эскиз •конструкция и ее совершенствование •дизайн, цветовые гаммы, цена
Подготовка и анализ информации	•редактирование и кодирование данных •обработка и анализ полученной информации

Рис. 1. Методы проведения экспертного опроса

Сравнение двух конкурирующих предприятий позволяет минимизировать ошибки при опросе и получить более точные данные. При проведения анкетирование следует обратить внимание на тип вопросов:

– конструкции спецодежды;
– применяемые материалы;
– особенностями производственных загрязнений;
– художественно-эстетических показателей;
– дизайн и их содержание и число, корректность и уместность, последовательность представления, наличие вопросов в анкете [10, 11].

Анкетный опрос проводился среди рабочих монтажников и ИТР и заполнение анкет производилось в ходе личного опроса строителей и общаения с интервьюером.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты опроса экспертов на строительных предприятиях ТОО «МТС» Компании ЛТД и корпорациях «Саламат» о качестве спецодежды монтажников приведены в таблицах 1, 2. Как видно из таблиц 1 и 2 при составлении сводной матрицы рангов экспертами дана оценка каждому фактору путем присвоения ему рангового номера. В программе Exsel были рассчитаны суммарное количество оценок и среднее количество оценок; при расставлении оценки экспертов по ячейкам программа автоматически рассчитывает результат. Результаты опроса экспертов записывают в таблицу, данные которой используют затем для расчета коэффициентов значимости отдельных характеристик и степени согласованности ранговых оценок [12,13]. Результаты преобразования матрицы рангов спецодежды представлены в таблицах 3, 4.

В таблицах 3 и 4 сумма рангов оценок каждого эксперта должна быть одинаковой и рассчитывается по формуле:

$$\sum_{i=1}^{n} R_{ij} = (1+2+3+...+n) = 0{,}5n(n+1) \tag{1}$$

для i=1…m.

Если имеет место случай одинаковых оценок разных характеристик свойств отдельными экспертами, то при расчете коэффициента координации учитывают значение T_i, которое определяется по формуле:

$$T_i = \frac{1}{12}\sum_{1}^{n}(t_3^1 - t_i) \tag{2}$$

где n – число групп оценок с одинаковым рангом; t_i – число оценок с одинаковым рангом в каждой такой группе. В таблицах сводная матрица рангов должна совпадать с суммой по строкам:

$$\sum_{j=1}^{n}\ \sum_{i=1}^{n} X_{ij} = \sum_{i=1}^{m}\ \sum_{j=1}^{n} X_{ij} \tag{3}$$

На рисунках 2-7 представлены гистограммы и полигоны по степени влияния соответствующих признаков. В соответствии с рисункам 2-7

выявлено, что по наименьшей сумме рангов, необходимой одеждой для монтажников в летний период являются брюки и куртка с манжетой и с специальными отделками, свободного покроя с застежкой, втачным рукавом, защитными накладками в виде налокотников и наколенников [14].

Таблица 1

Результаты экспертной оценки спецодежды на предприятиях ТОО «МТС» Компании ЛТД

эксперт / № опроса		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Оценки, данные экспертами	1	5	2	4	5	3	1	5	3	2	2	1	3	5	4	2
	2	5	3	4	5	3	1	5	2	1	2	1	2	5	4	2
	3	5	3	4	5	2	1	5	3	1	2	2	3	5	4	2
	4	5	1	4	5	3	1	5	3	1	2	2	3	4	4	2
	5	4	3	4	5	2	1	5	3	3	3	2	3	4	4	3
	6	4	2	4	5	1	1	5	3	2	4	2	3	5	4	4
	7	3	2	4	5	2	1	5	4	2	2	2	3	4	4	2
	8	4	4	4	5	1	1	5	5	4	2	1	2	5	4	2
Суммарное количество оценок		35	20	32	36	17	8	40	26	16	19	13	22	37	32	37
Среднее количество оценок		3,5	2	3,2	3,6	1,7	0,8	4	2,6	1,6	1,9	1,3	2,2	3,7	3,2	3,7

Таблица 2

Результаты экспертной оценки спецодежды, корпорация «Саламат»

эксперт / № опроса		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Оценки, данные экспертами	1	5	2	4	2	2	1	3	5	1	2	2	3	5	4	3
	2	5	2	4	3	2	1	4	3	1	5	1	3	5	4	4
	3	5	3	5	3	2	1	4	4	2	1	2	3	5	4	4
	4	1	3	3	2	2	1	4	2	2	1	2	3	5	4	4
	5	1	4	4	4	2	1	4	3	2	2	2	3	3	4	4
	6	4	4	4	5	1	1	4	3	1	2	2	3	3	4	4
	7	3	5	5	4	1	1	4	3	2	2	2	3	5	2	4
	8	4	1	2	2	1	1	4	3	2	2	2	4	5	4	3
Суммарное количество оценок		28	24	31	25	13	8	31	26	13	17	15	25	36	30	30
Среднее количество оценок		2,8	2,4	3,1	2,5	1,3	0,8	3,1	2,6	1,3	1,7	1,5	2,5	3,6	3	3

Таким образом, проведение метода экспертных оценок позволило выявить согласованность между мнениями двух групп экспертов, что позволяет сделать вывод о рациональности разрабатываемой новой спецодежды в системе «человек – пододежное пространство – внешняя среда».

Таблица 3

Преобразования матрицы рангов спецодежды результатов опроса экспертов, предприятие ТОО «МТС» Компании ЛТД

эксперт / № опроса		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\sum_{i=1}^{n} X\,ij$	Ti	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\sum_{i=1}^{n} t\,ij$	Ti
Оценки, данные экспертами	1	1	2	3	4,5	4,5	15	3	1	2	3	3,5	4,5	15	3
	2	1	2	3	4,5	4,5	15	3	1,5	2	3	4,5	5	15	3
	3	1	2	3	4,5	4,5	15	3	1,5	1,5	3	4	5	15	3
	4	1	2	3	4	4	15	3	1,5	2	3	4	5	15	3
	5	1	2,5	2,5	4	5	15	3	1,5	1,5	3	4	5	15	3
	6	1	2,5	3,5	3	5	15	3	1	2,5	3	4	5	15	3
	7	1	2,5	3,5	3	4	15	3	1	1,5	3,5	4	5	15	3
	8	1	3	3	3	5	15	3	1	1,5	2,5	4	5	15	3
Сумма рангов		8	17,5	24	33	37,5	120	24	10	14,5	25	32	39,5	120	24

Таблица 4

Преобразования матрицы рангов спецодежды результатов опроса экспертов, корпорация «Саламат»

эксперт / № опроса		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\sum_{i=1}^{n} X\,ij$	Ti	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\sum_{i=1}^{n} t\,ij$	Ti
Оценки, данные экспертами	1	1	2	3	4,5	4	15	3	1	2,5	3	3,5	5	15	3
	2	1	1,5	3	4,5	4,5	15	3	1	2	3	4	5	15	3
	3	1,5	2	3	4,5	4,5	15	3	1	1,5	3	4	5	15	3
	4	1	1,5	3	4	4	15	3	1,5	2	2,5	4	5	15	3
	5	1,5	2	2,5	4	4,5	15	3	1,5	2,5	2,5	4	5	15	3
	6	1	2	3	3	4,5	15	3	1	2,5	3	4	5	15	3
	7	1,5	2,5	3	3	4,5	15	3	2	1,5	3,5	4	5	15	3
	8	1,5	1,5	3	3	4,5	15	3	1,5	1,5	2	4	5	15	3
Сумма рангов		10	13	29,5	30,5	44	120	24	10,5	16	22,5	31,5	40	120	24

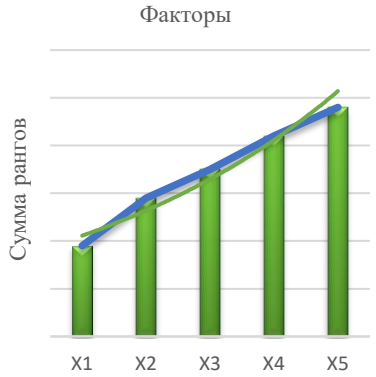


Рис. 2. Гистограмма распределения сумм рангов по одному туру, предприятие ТОО «МТС» компании ЛТД

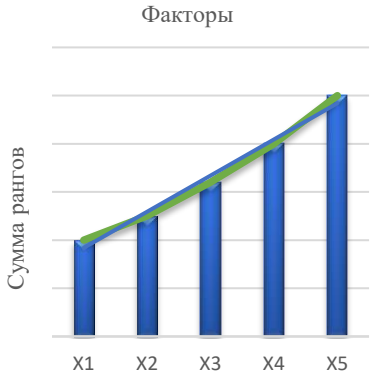


Рис. 3. Гистограмма распределение сумм рангов по одному туру, корпорация «Саламат»

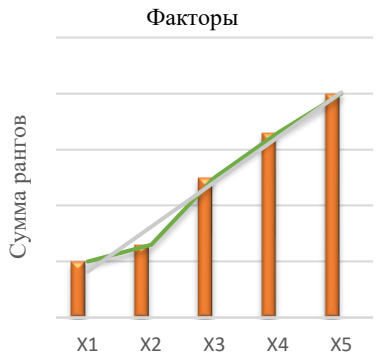


Рис. 4. Гистограмма распределения сумм рангов по одному, корпорация «Саламат»

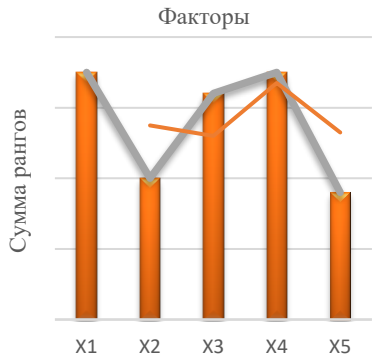


Рис. 5. Гистограмма распределение сумм рангов по одному туру, предприятие ТОО «МТС» компании ЛТД

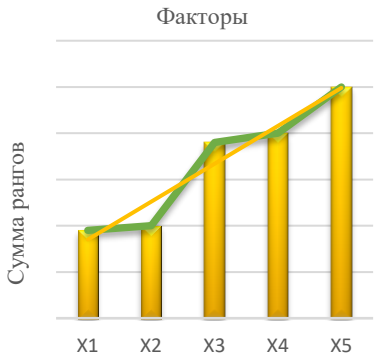


Рис. 6. Гистограмма распределения сумм рангов по одному туру, предприятие ТОО «МТС» компании ЛТД

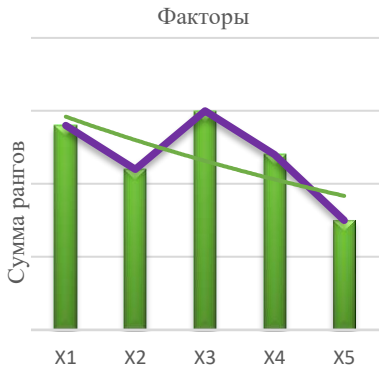


Рис. 7. Гистограмма распределение сумм рангов по одному туру, корпорация «Саламат»

Заключение. В результате проведенного исследования было установлено, что использование маркетинговой информации для рабочих строителей, существенно влияет на эффективность их труда и общую производительность [15]. Анализ собранных данных показал, что целенаправленное применение маркетинговых стратегий позволяет оптимизировать процессы, повысить качество работы. Это подчеркивает важность интеграции маркетинговых знаний в повседневную практику строительных организаций, что, в свою очередь, может способствовать более качественному выполнению работы и сокращению временных затрат на их реализацию [16]. Применение маркетинговых методов способствует более ясному донесению информации о исследование, что улучшает понимание задач среди рабочих.

– Использование мотивационных стратегий на основе рыночного анализа создает более комфортное условия труда и способствует росту производительности.

– Рыночный анализ позволяет строителям более рационально распределять ресурсы и избегать чрезмерных расходов.

– Маркетинговая информация помогает рабочим ТОО «МТС» Компании ЛТД оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. Особенно важно в современных реалиях строительной отрасли.

Таким образом, исследование маркетинговой информации повышает профессиональные навыки рабочих и создает условия для устойчивого развития компаний в конкурентной среде.

Список литературы

1. Механические свойства тканей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svojstva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-faktory-viiyayushie-na--4329705.html
2. Shagabutdinova N.R. Transformation of modern marketing on the example of the fashion hose Victoria's Secred // Economy and Entrepreneurship. – 2021. – No. 6. – P. 785-789.
3. Усова, С.В. Стандарты приемлемого риска [Текст] / С.В. Усова // Безопасность труда в промышленности. – 2003. – №. 4. – С. 59-60.
4. Begeshova. U.N. Çağdaş Kazakistan piyasası ve özel kıyafet tasarımı durumunun analizi. – Caspi Art E, 2023.
5. Журнал «Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты» (2001-2005). – М: Легпромбизнес, 2005. – 12 с.
6. Бешелев, С.Д. Математико-статические методы экспертных оценок [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
7. Медведев, П.Н. Современные информационные технологии в сфере образования: возможности и перспективы [Текст] / П.Н. Медведев, Д.В. Малий, Е.С. Папочкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №. 6-4 (108). – С. 110-113.
8. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М., Легкая индустрия, 1974. – 232 с.
9. Голенкова, О.В. Использование методов социологического исследования как технологии практикоориентированного обучения [Текст] / О.В. Голенкова, Т.Е. Лифанова, С.А. Шилина //Управление образованием: теория и практика. – 2022. – №. 8 (54). – С. 178-186.
10. Yakubov J.N., Yusupova U.D. Analysis of the special clothing of workers in the metallurgical industry // Mechanics and technologies. – 2023.
11. Алексеев В.Е. Активизация работы по развитию технического творчества учащихся [Текст]: учебно-методическое пособие / В.Е. Алексеев. – М.: Высшая школа, 2000. – 72 с.
12. Lubenets Y. V. Alternative coefficient of concordance in case of connected ranks //Bulletin of Voronezh State Technical University. – 2021. – Vol. 17. – No. 1. – P. 40-45.
13. Шабденова, А.Б. Методы обработки и анализа социологической информации на базе SPSS [Текст]: учебное пособие / А.Б. Шабденова. – Алматы: Казақ университеті, 2023. – 119 с.
14. Конышева, Н.М. Художественно-конструкторская деятельность (основы дизайн образования) [Текст]: пособие для учителя / Н.М. Конышева. – Смоленск: Ассоциация XXI, 2001. – 232 с.
15. Бегешова, Ұ.Н. Білім сапасын тәуелсіз бағалау жолдары [Мәтін] / Ұ.Н. Бегешова // Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция «Философия: ғылым және өмірлік миссия». – Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 2023. – 206-209 б.
16. Бегешова Ұ.Н. Болашақ дизайнердің стандартты емес жағдайларда навигация қабілетін дамыту: «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century» [Мәтін] / Ұ.Н. Бегешова // IX Халықаралық ғылыми- тәжірибелік конференция. Нұр-сұлтан: «Бөбек» жалпыұлттық қозғалысы, 2021. – 26-31 б.

Материал поступил в редакцию 14.10.24, принят 17.02.25.

У.Н. Бегешова[1], А.А. Ешжанов[1], Б. Абзалбекұлы[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

«МТС» ЖШС ҚҰРЛЫСШЫЛАРЫ ҮШІН АРНАЙЫ КИІМНІҢФУНКЦИОНАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЖӘНЕ МАТАЛАРДЫ ЖАҚСАРТУ БОЙЫНША МАРКЕТИНГТІК ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада маркетингтік ақпаратты қолдана отырып, арнайы киімге арналған материалдар талданған. Үнемі өзгеріп отыратын нарық жағдайында сапалы және функционалды арнайы киімге деген қажеттілік артып келеді. Зерттеу мақсаты жұмысшылардың қалауын анықтау және материалдар таңдаудағы заманауи тенденцияларды анықтау. Зерттеу үш кезеңнен тұрады: бірінші кезеңде Web of Science және Scopus дереккорынан мақалалар іріктеледі, олар техникалық аспектілерді егжейлі қарастырады. Шолу процесінде аналитикалық көріністі қамтамасыз ете отырып, көлемді деректерді жүйелі түрде сипаттайды. Екінші кезеңде сауалнама, фокус-топтар және бақылау әдістері қолданылады. Демек, тұтынушылардың қалауы мен киімнің сипаттамаларын қабылдау туралы өзекті деректерді жинауға мүмкіндік береді. Жоғарғыда айтылғандарды іске асыру үшін ғалымдардың жұмыстарына сүйене отырып, құрылыс обьектілерінде сараптамалық сауалнама жүргіздік. Біз «МТС» ЖШС ЛТД және «Саламат» корпорацияларында салыстырмалы сараптамалық сауалнама жүргізудің жалпы әдістерін қолдандық. Үшінші кезең – маталарды жақсарту және жмыс киімдерінің функционалды сипаттамаларын талдау. Сонымен қатар, қысқа сұхбаттар жүргізілді. Сарапшылардың сауалнамасының нәтежелері бойынша арнайы киім дәрежелерінің түрлендірілген матрицасы және Google форматында тестілеу жүргізілді.

Тірек сөздер: арнайы киім, мата, маркетинг зерттеу, функционалды сипаттама, сапаны қамтамасыз ету, кәсіпорындар, сараптамалық бағалау, жеке қорғаныс құралдары.

U.N. Begeshova[1], A.A. Eshzhanov[1], B. Abzalbekuly[2]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]M.Kh.Dulaty Taraz University, Taraz,Kazakhstan

MARKETING RESEARCH ON IMPROVING FABRICS AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF WORKWEAR FOR CONSTRUCTION WORKERS: A CASE STUDY OF LLP “MTS” LTD COMPANY

Abstract. This study is dedicated to the analysis of materials for workwear using marketing information. The goal of the work is to identify the preferences of the target audience and analyze current trends in the selection of materials and technologies. The research consists of three stages: at the first stage, articles are selected from the Web of Science and Scopus databases, which provide a detailed examination of the technical aspects and systematically outline the extensive data, offering an analytical overview. At the second stage, methods such as surveys, focus groups, and observation are used to collect relevant data on consumer preferences and perceptions of the characteristics of workwear. To implement the above, based on the work of scholars, we applied general methods of expert surveys on construction sites. We applied these methods at construction enterprises of LLP "MTS" LTD and "Salamat" corporations. The third stage is the analysis of improving fabrics and functional characteristics of workwear. Simultaneously, short interviews were analyzed, observations were conducted, and a ranking matrix of workwear was transformed based on expert surveys and testing in Google format.

Keywords: workwear, fabrics, marketing research, functional characteristics, quality assurance, enterprise, expert evaluation, personal protective equipment.

References

1. Mechanical properties of fabrics [Electronic resource]. - Access mode: https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svojstva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-faktory-viiyayushie-na--4329705.html [in Russian].
2. Shagabutdinova N.R. Transformation of modern marketing on the example of the fashion hose Victoria's Secred // Economy and Entrepreneurship. – 2021. – No. 6. – P. 785-789.
3. Usova, S.V. Standarty priyemlemogo riska [Acceptable risk standards] // Labor safety in industry. – 2003. – No. 4. – P. 59-60. [in Russian].
4. Begeshova. U.N. Çağdaş Kazakistan piyasası ve özel kıyafet tasarımı durumunun analizi. – Caspi Art E, 2023.
5. Journal "Rabochaya odezhda i sredstva individual'noy zashchity" (2001-2005) [Work clothes and personal protective equipment (2001-2005)]. – Moscow: Legprombiznes, 2005. – 12 p. [in Russian].
6. Beshelev, S.D. Gurvich, F.G. Matematiko-staticheskiye metody ekspertnykh otsenok [Mathematical and statistical methods of expert assessments]. – Moscow: Statistika, 1980. – 263 p. [in Russian].
7. Medvedev P.N. D Maliy.V., Papochkina Ye.S. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii v sfere obrazovaniya: vozmozhnosti i perspektivy [Modern information technologies in the field of education: possibilities and prospects] // International Research Journal. – 2021. – No. 6-4 (108). – P. 110-113. [in Russian].
8. Tikhomirov, V.B. Planirovaniye i analiz eksperimenta [Planning and analysis of the experiment]. – Moscow: Light industry, 1974. – 232 p. [in Russian].
9. Golenkova O.V., Lifanova T.Ye., Shilina S.A. Ispol'zovaniye metodov sotsiologicheskogo issledovaniya kak tekhnologii praktikooriyentirovannogo obucheniya [Using methods of sociological research as a technology of practice-oriented learning] // Education Management: Theory and Practice. – 2022. – No. 8 (54). – P. 178-186. [in Russian].
10. Yakubov J.N., Yusupova U.D. Analysis of the special clothing of workers in the metallurgical industry // Mechanics and technologies. – 2023.
11. Alekseyev V.Ye. Aktivizatsiya raboty po razvitiyu tekhnicheskogo tvorchestva uchashchikhsya [Activation of work on the development of technical creativity of students]: uchebno-metodicheskoye posobiye. – Moscow: Higher School, 2000. – 72 p. [in Russian].
12. Lubenets Y. V. Alternative coefficient of concordance in case of connected ranks //Bulletin of Voronezh State Technical University. – 2021. – Vol. 17. – No. 1. – P. 40-45.
13. Shabdenova, A.B. Metody obrabotki i analiza sotsiologicheskoy informatsii na baze SPSS [Methods of processing and analysis of sociological information based on SPSS]: textbook. – Almaty: Kazakh University, 2023. – 119 p. [in Russian].
14. Konysheva, H.M. Khudozhestvenno-konstruktorskaya deyatel'nost' (osnovy dizayn obrazovaniya) [Artistic and design activities (fundamentals of design education)]: a manual for teachers. – Smolensk: Association XXI, 2001. – 232 p. [in Russian].
15. Begeshova, Ū.N. Bílím sapasyn təuyelsíz baġalau zholdary [Ways of independent assessment of the quality of education] // International scientific and practical conference "Filosofiya: ġylym zhəne ömírlík missiya" ["Philosophy: science and life mission"]. – Al-Farabi Kazakh National University, 2023. – 206-209 p. [in Kazakh].
16. Begeshova Ū.N. Bolashak¸ dizaynerdíň standartty yemes zhaġdaylarda navigatsiya k¸abíletín damytu: «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century» [Development of the future designer's ability to navigate in non-standard situations: "Science and education in the modern world: challenges of the XXI century"] // IX International scientific and practical conference. Nur-Sultan: "Bobek" nationwide movement, 2021. – 26-31 p. [in Kazakh].

ҒТАМР 64.33.01

У.С. Келесова[1] – *негізгі автор,*
А.К. Жаппарова[2] ©

[1]*Экон. ғылым. канд.,* [2]*PhD, доцент*
[1]*https://orcid.org/0000-0002-6518-7836* [2]*https://orcid.org/0000-0002-2452-017X*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*kelessova1972@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ZHMS3899

БАЛАЛАР КИІМДЕРІН ЭРГОНОМИКАЛЫҚ ЖОБАЛАУДЫҢ ӨЗЕКТІ МІНДЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада арнайы мақсаттағы балалар киімін эргономикалық жобалау кезінде профилактикалық функцияны орындауға бағытталған ғылыми-практикалық міндеттер қарастырылған. Зерттеу барысында төменгі мектеп жасындағы қыздардың дене бітімі бұзылуының негізгі түрлері анықталып, олардың алдын алу үшін киім үлгілерінің эргономикалық сипаттамалары негізінде жобалау тәсілдері ұсынылды. Зерттеу үшін балалардың нақты дене өлшемдері мен құрылымдарын зерделеу мақсатында антропометриялық мәліметтер жиналды. Балалар киімін жобалау кезінде қажетті деректер мен ақпараттардың негізінде әртүрлі параметрлерге сай киім үлгілерінің түрлері анықталып, эргономикалық тұрғыдан қолайлы модельдер ұсынылды. Балалар киімінің эргономикасы мен профилактикалық функциясын жетілдіруге бағытталған, әрі оның денсаулыққа зиян келтірмеуін қамтамасыз етуге бағытталған жаңа тәсілдерді ұсынады.

Тірек сөздер: эргономикалық жобалау, киім, профилактикалық функция, балалар денебітімі, тұлғаның түрлері, антропометриялық өлшемдер.

Келесова, У.С. Балалар киімдерін эргономикалық жобалаудың өзекті міндеттерін зерттеу [Мәтін] / У.С. Келесова, А.К. Жаппарова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.342-349. https://doi.org/10.55956/ZHMS3899

Кіріспе. Қазіргі уақытта Қазақстанның мемлекеттік саясатының басым бағыттарының бірі азаматтардың денсаулығын сақтау болып табылады, Қазақстанның 2020-2025 жылдарға арналған денсаулық сақтау бағдарламасы елдің азаматтарының денсаулығын сақтау мен жақсартуға бағытталған маңызды стратегиялық қадамдарды қамтиды [1]. Әр адамның денсаулығы бүкіл халықтың денсаулығын айқындайтын негізгі фактор болып табылады. Бұл өз кезегінде халықтың өмір сүру сапасын ғана емес, сондай-ақ экономикалық, мәдени және әлеуметтік әлеуетін анықтайды. Елдің даму деңгейі мен халықтың денсаулығы тығыз байланысты, сондықтан денсаулық сақтау жүйесін жетілдіру елдің әлеуметтік-экономикалық дамуында маңызды рөл атқарады. Қазақстандағы денсаулық сақтау жүйесінің басты мақсаты – халықтың денсаулығын сақтау және жақсарту, сондай-ақ әр азаматтың толыққанды өмір сүруін қамтамасыз ету. Бұл бағытта түрлі шаралар

қабылданып, заманауи медициналық технологиялар мен қызметтерді дамытуға баса назар аударылуда.

Экологиялық жағдайдың нашарлауы қоршаған ортаның зиянды факторларының әсеріне байланысты ауруларды диагностикалау және емдеу жөніндегі медициналық қызметтерге сұраныстың артуына себепші болады. Бұдан басқа, мектеп жасындағы балалар мынадай факторлардың теріс әсеріне ұшырайды: оқу жүктемесінің жоғарылығы, аз қозғалатын өмір салты – гиподинамия, компьютерлік техникада бос уақытты үнемі өткізу және соның салдарынан мінез-құлықтың бұзылуы мен тірек-қимыл аппаратының ерте ауруларының болуы. Қазіргі уақытта бұл проблеманы шешу мектеп оқушылары үшін профилактикалық киімдерді жобалау саласындағы ғылыми зерттеулердің жеткіліксіздігімен тежелуде.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Осы зерттеу тұжырымдамасы халықаралық стандарттарға сәйкес ҚР адами капиталын толыққанды дамытуға, сондай-ақ мемлекеттің әлеуметтік саласының басым міндеттерін ескере отырып, тігін саласы кәсіпорындарының ассортименттік құрылымын сапалы кеңейтуге қатысты қазіргі заманғы проблемаларды шешудің кешенді тәсілі негізінде жасалынды. Қазақстанда балалар киімі антропометриялық стандарттар негізінде жобаланады: МЕМСТ 17916-86 және МЕМСТ 17917-86 [2,3]. Олар соңғы 30 жылдағы акселерация процестерін, балалардың дене бітімінің этникалық, өңірлік ерекшеліктерін ескермейді.Жоғарыда айтылғандар бастауыш мектеп жасындағы балалардың тұлғасын қалыптастыру және профилактикалық функцияларды орындайтын, балалар үй киімінің эргономикалық жобалауын жасау бойынша әлеуметтік маңызды зерттеулердің өзектілігін анықтады.

Атап айтқанда, кешенді зерттеуді іске асырудың бастапқы кезеңінде профилактикалық функцияны орындайтын балалар киімін жобалау процесінің бастапқы мәліметтер базасын қалыптастыру үшін бастауыш мектеп жасындағы қыздар фигураларының антропометриялық сипаттамалары мен типтік формаларын анықтау мақсаты қойылды. Зерттеу мақсатына сәйкес тапсырмалар анықталды және орындалды:

– профилактикалық қасиеттері бар киімдерді әзірлеу кезінде ерекше тәсіл ретінде эргономикалық жобалаудың өзектілігі негізделген,мінез-құлықтың сипаттамасына және оның жіктелуіне, мінез-құлықтың бұзылу себептеріне талдау жүргізілді;

– профилактикалық қасиеттері бар киімдерді жасау кезінде ерекше тәсіл ретінде эргономикалық жобалаудың өзектілігі негізделген, тұлғаның сипаттамаларына және оның жіктелуіне, тұлғаның бұзылу себептеріне талдау жүргізілген;

– сандық фотограмметрияны қолдана отырып, балалар дене пішінінің антропоскопиялық белгілері және кескінінің проекциялық өлшемдері айқындалған;

– зерттелетін фигуралардың параметрлерінің матрицасы жасалынды, оның ішінде негізгі конструктивтік белдіктердің тұлға индикаторлары, өлшеу нәтижелерінің математикалық өңдеуі жүргізілді, тұлға белгілері мен басқа өлшемдік сипаттамалар арасындағы байланыс сипатын анықтау үшін корреляциялық талдау жүргізілді;

– осы жас тобы үшін қалыпты бұзылулар және антропометриялық үлгі ретінде типтік пішіндер анықталған;

– бастапқы ақпараттық компоненттер ж»нк осы функционалдық мақсаттағы балалар киімдерін эргономикалық жобалауды орындау үшін қажетті деректер базасының құрылымын жасау;

Мәселенің зерттелу деңгейін талдау барысында әртүрлі мақсаттағы киімдерді эргономикалық жобалау әдіснамасын қалыптастыруға профессор Е.Б. Коблякованың жетекшілігімен жүргізілген зерттеулердің маңызды екендігі анықталды. Сондай-ақ, профессорлар П.П. Кокеткин мен З.С. Чубарованың жетекшілігімен Орталық тігін өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтында атқарылған жұмыстар да бұл бағытта үлкен мәнге ие. Сонымен қатар, профессорлар В.Е. Романов пен Е.Я. Сурженконың жетекшілігімен Санкт-Петербург мемлекеттік өнеркәсіптік технологиялар және дизайн университетінде жүргізілген зерттеулер киімнің эргономикалық талаптарға сәйкес келуін қамтамасыз етуге бағытталған.

Соңғы кезеңде адам фигурасының кеңістіктік құрылымын зерттеу, оның ішінде оптикалық технологиялар мен фотограмметрияны пайдалану арқылы, Е.Ю.Кривобородова, А.Е.Асанова, Г.Н.Тастанбекова, Е.В.Захватова және Е.И. Помазкова [5-9] сияқты ғалымдар айтарлықтай үлес қосты. Эргономикалық алдын алу киімдерін жобалау бойынша жүргізілген зерттеулерді талдау нәтижесінде, қазіргі таңда қолданылатын мамандандырылған бұйымдардың негізінен омыртқаның қалыпты деформацияларын түзетуге бағытталғаны анықталды.

Зерттеу нәтижелері. Зерттеудің теориялық аспектілерін зерделеу барысында дұрыс орналасу белгілері мен оны айқындайтын факторлар анықталған. Сонымен қатар, орналасудың қолданыстағы жіктемелеріне талдамалық шолу жасалды. Ғылыми еңбектерді талдау негізінде мінез-құлықтың бұзылуының негізгі түрлері қарастырылған. Бұл зерттеу нәтижесінде кішкентай мектеп жасындағы балаларда мінез-құлықтың бұзылуының басты себебі ретінде бұлшық ет-байлау аппаратының әлсіз дамуы және сүйек-буын жүйесінің тұрақты өсуінің әсері анықталды. Мұндай тұжырымдар балалардың физикалық дамуына қатысты маңызды мәселені көтереді және мінез-құлық бұзылуларының алдын алу мен түзету жолдарын іздеуде маңызды қадам болып табылады. Бұл пікір арнайы киімді жасаудың практикалық тәжірибесіне негізделген мәселелерді көрсетеді.

Балалар киімінің конструктивтік-технологиялық шешімдерін негіздеу және жобалау процесі балалардың ерекшеліктерін ескере отырып жасалуы қажет, алайда осы салада ақпараттық-әдістемелік қамтамасыз етудің жеткіліксіздігі байқалады.

Балалар фигурасының антропометриялық және морфологиялық сипаттамаларына қатысты қосымша бастапқы ақпараттың қажеттілігі, әсіресе балалардың дене құрылымының өзгергіштігі мен әртүрлілігін ескергенде маңызды. Бұл ақпараттың болмауы дұрыс киім конструкцияларын жасауға, сонымен қатар әртүрлі жастағы және дене бітімі әртүрлі балаларға арналған өнімдерді тиімді жобалауға кедергі келтіруі мүмкін.

Сонымен қатар, балалардың дене құрылымын зерттеу үшін антропометриялық мәліметтер жинау, балалардың даму кезеңдеріне сай өзгеретін өлшемдер мен пропорцияларды есепке алу қажет. Бұл, өз кезегінде, балалар киімдерінің ыңғайлылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қосымша ақпараттың негізінде жобалау процесі инновациялық және функционалды киімдерді жасауға, нарықта талап етілетін өнімдерді жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Зерттеу барысында антропометриялық деректерді алу және бастауыш мектеп жасындағы қыздардың фигураларының типтік пішіндерін анықтау мақсатында эксперименттік бағдарлама әзірленген. Бұл бағдарламаға сәйкес, сандық фотограмметрия әдісі қолданыла отырып, дене пішінін және дененің проекциялық өлшемдерін антропоскопиялық белгілер негізінде зерттеу жүргізілді. Зерттеу үшін 50 адамнан тұратын қыздар тобы іріктелді.

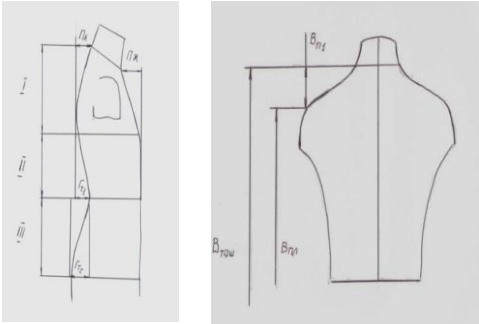
Антропоскопиялық белгілер мен дененің проекциялық өлшемдерін зерттеу фотосуреттер (9х12 см көлеміндегі) негізінде жүргізілді 1-суретте ұсынылған. Бұл зерттеу фотосуреттер арқылы дене пішінінің маңызды көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік береді. Әрбір фотосурет дененің белгілі бір өлшемдерін және оның пропорцияларына қатысты мәліметтер жинауға арналған, әрі сандық фотограмметрияның көмегімен осы деректерді дәл әрі нақты түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Сурет 1. Фигураның параметрлерін эксперименттік өлшеудің фотометрикалық схемасы

Зерттеудің осы түрі дене пішіні мен антропометриялық белгілерді терең түсінуге және бастауыш мектеп жасындағы қыздардың фигураларын ғылыми негізде бағалауға көмектеседі.

Зерттелетін фигуралардың әрбір проекциялық өлшемі мен есептік параметрлері матрица түрінде ұсынылған. Бұл матрица 17 проекциялық өлшем мен 4 есептік параметрден тұрады.

Атап айтқанда, алынған келбеттің көрсеткіштері дененің алдыңғы немесе арқалық контурының бүгілуін сипаттайды: иық, П1 = Пж-Пк; корпустық, П2 = Пж - Гт1; кіші корпустық, П3 = Пж - Гт2. 2-суретте ұсынылды. (Вп1) иық киімінің конструкциясын әзірлеу кезінде «иық үшбұрышын» құру үшін қажетті. Параметр - «иық биіктігі» (Вп1) «мойын негізінің нүктесінің биіктігі» және «иық нүктесінің биіктігі» проекциялық өлшемдерінің айырмашылығы ретінде есептелген: Вп1 = Втош – Впл



Сурет 2. Фигураның параметрлерін эксперименттік өлшеудің фотометрикалық схемасы

Келбет белгілері мен басқа өлшемдік белгілердің арасындағы байланыс дәрежесі мен сипатын анықтау үшін талдау жасалып, нәтижесінде матрица құрастырылған. Сонымен қатар, зерттелген қыздар фигураларының параметрлерін математикалық өңдеу негізінде үш типтік пішіннің параметрлері анықталды, 1-кестеде көрсетілген. Бұл жерде талдау нәтижесінде анықталған үш типтік пішін, яғни физикалық немесе морфологиялық сипаттамаларға негізделген параметрлер, зерттеушінің мақсаттарына байланысты, қыздардың фигураларын жіктеуге мүмкіндік береді. Кестеде бұл нысандардың нақты көрсеткіштері мен корреляциялары көрсетілген.

Кесте 1

Үш типтік пішіннің параметрлері

№ р/н	МемСТ 17916-86 бойынша өлшем белгілерінің номері	17916-86 МемСТ бойынша өлшем белгілерінің атауы	Типтік пішін А	Типтік пішін В	Типтік пішін С
1	1	Бой	134	140	152
2	16	Кеуде айналымы (үшінші)	56	60	80
3	18	Кеуде айналымы	51	57	60
4	-	Толықтық тобы	0	2	1

Берілген мәлімет бойынша А типтік пішін туралы айтсақ, онда белгілі бір фигуралық параметрлер мен олардың өлшемдері көрсетілген. Бұл типтік формада фигуралардың 22%-ы орналасқан және олардың проекциялық өлшемдерінің нақты мәндерінен айтарлықтай ауытқулары бар. Келесі параметрлерді атап өтуге болады: бірінші бел тереңдігі (Гт1) – 3,4 см; екінші белінің тереңдігі (Гт2) – 3,7 см; иық нүктесінің биіктігі (В пт) – 8,5 см; бел сызығының биіктігі (Вт) – 10,2 см; жауырынның неғұрлым шығып тұрған нүктесінің биіктігі (Вл) – 5,6 см; жамбастың ең шығыңқы нүктесінің биіктігі (Вя) – 6,4 см.

С типтік пішінге фигуралардың 32% жатады, оның бірінші толық тобы және фигуралардың проекциялық өлшемдерінің нақты мәндерінен өте елеулі емес ауытқулары бар. Неғұрлым елеулі ауытқулар мынадай параметрлер бойынша белгіленді: бел тереңдігі бірінші - Гт1 (3,1см); жауырынның ең шығыңқы нүктесінің биіктігі - Влп (2,5 см). Алайда, биіктігі 152 см пішіндер «жоғары мектеп» жас тобына жатады және 11,5 жастан 15,5 жасқа дейінгі балаларды қамтиды. Осы іріктемеде С үлгісінің болуы акселерацияның

балалардың физиологиялық дамуына әсері туралы куәландырады, бұл антропометриялық стандарттарда көрсетілмеген.

В типтік пішінге фигуралардың 32% жатады, оның екінші толық тобы және фигуралардың проекциялық өлшемдерінің нақты мәндерінен шамалы ауытқулары бар. Ең елеулі ауытқулар мынадай параметрлер бойынша белгіленді: бел сызығының биіктігі - Влт (4,7 см), жамбастың ең шығыңқы нүктесінің биіктігі - Вя (3,7 см); кеуде сызығының алдыңғы диаметрі - Шг.прф (3,4 см). Бұл жерде балалардың дене бітіміндегі асимметрия мен мүсін бұзылулары туралы зерттеу нәтижелері келтірілген. Балалардың 56%-ында мінез-құлықтың айқын және байқалатын бұзылулары анықталған, ал 44%-ында дененің оң және сол жақ жартысының асимметриясы байқалған, бұл сколиоз немесе мүсіннің бұзылуының айқын белгісі болып табылады.

Балалардың дене құрылымындағы асимметрияның алдыңғы және арқа контурларынан анықталып, олар 12%-да өте қатты байқалған. Сол жақ сколиоздың басым болуы да осы зерттеудің маңызды нәтижелерінің бірі ретінде көрсетілген. Бұл нәтижелердің мәні – дене құрылымындағы бұзылулардың ерте кезеңдерде анықталуы және олардың мінез-құлыққа, денсаулыққа әсері болуы мүмкін. Асимметрияның болуы балалардың денсаулығына қатысты маңызды мәселелерді, әсіресе сколиоздың ерте диагностикасын ескеруді талап етеді.

Іріктемедегі балалардың 20%-ында еңкеюі байқалады, бұл ретте иық асимметриясымен бірге 10%-да еңкею бар. Бұл іріктемеде балалардың 6%-ның арқа пішіні айқын көрінеді – дөңгелек (кифотикалық келбет), бұл іштің дөңес пішінімен үйлеседі.

Іріктемедегі балалардың 20%-ында еңкею байқалады, Бұл пішін балалардың 18%-ында байқалады. Бұл қалыпта арқа жазық болып, табиғи қисықтық азайған немесе жоғалған болады. Бұл іріктемеде балалардың 6%-ның арқа пішіні айқын көрінеді – дөңгелек (кифотикалық келбет), бұл іштің дөңес пішінімен үйлеседі. Бұл жұмыста балалардың дене пішіндерінің ерекшеліктері, атап айтқанда арқа мен іштің қалыптары, олардың таралуы және морфологиялық сипаттамалары туралы айтылған. Л.Н. Николавтың зерттеуіне сәйкес, бұл морфологиялық ерекшеліктер балалардың денесінің құрылымдық белдеулеріндегі орташа фигуралардың тұлғаның сипаттамасын түсіндіруде маңызды болып табылады.

Қорытынды. Ғылыми-практикалық зерттеу нәтижесінде балалар киімдерінің эргономикалық жобалауына қатысты бастапқы ақпараттың компоненттері мен деректер базасы анықталып, жүйеленген. Бұл процесс, негізінен, балалар киімдерінің сипаттамалары мен функционалдық мақсаттарын ескере отырып жүргізіледі. Эргономикалық жобалау барысында киімнің әрбір элементі балалардың дене құрылымына, қозғалыс қажеттіліктеріне және жайлылығына сәйкес болуы тиіс. Сонымен қатар, осы жобалау процесінде ақпараттық қамтамасыз етудің арнайы алгоритмі жасалынған, ол киімдерді жобалау кезінде қолданылатын негізгі мәліметтерді жинақтап, өңдеуге бағытталған.

Әдебиеттер тізімі

1. Государственная программы развития здравоохранения Республики Казахстан на 2020-2025 годы [Текст] // Казахстанская правда. – 2019. – №121.
2. ГОСТ 17917-86 Фигуры мальчиков типовые. Размерные признаки для проектирования одежды [Текст]. – Введ. 01.01.1987. – М.:Стандарт-информ, 2006. – 89 с.

3. ГОСТ 17916-86 Фигуры девочек типовые. Размерные признаки для проектирования одежды [Текст]. – Введ. 01.01.1987. – М.:Стандарт-информ, 2001. – 91 с.
4. Дунаевская, Т.Н. Основы прикладной антропологии и биомеханики [Текст] / Т.Н. Дунаевская, Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, Р.В. Иевлева. – М.: МГУДТ, 2009. – 94 с.
5. Кривобородова, Е.Ю. Разработка методологии адресного проектирования одежды с использованием новых информационных технологий. [Текст]: дис. … докт. техн. наук. / Е.Ю. Кривобородова. – М.: МГУДТ. – 2005. – 49 с.
6. Асанова, А.Е. Разработка технологии проектирования детской одежды на основе антропометрических обследований детских фигур в Казахстане. [Текст]: дис. … канд. техн. наук. / А.Е. Асанова. – Алматы, 2005. – 24 с.
7. Тастанбекова, Г.Н. Совершенствование процесса проектирования детской одежды на этапе формирования антропометрической информации с применением инновационных технологий [Текст]: дис. … канд. техн. наук. / Г.Н. Тастанбекова. – Алматы, 2010. – 21 с.
8. Захватова, Е.В. Разработка методики проектирования лечебно-профилактической одежды:на примере изделий для массажа [Текст]: дис. … канд. техн. наук. / Е.В. Захватова. – Москва, 2009. – 22 с.
9. Помазкова, Е.И. Проектирование детской одежды с заданными профилактическими свойствами [Текст]: дис. … канд. техн. наук. / Е.И. Помазкова. – Владивосток, 2012. – 20 с.

Материал редакцияға 26.11.24 түсті, 17.02.25 қабылданды.

У.С. Келесова[1], А.К. Жаппарова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

Аннотация. В данной статье предусмотрены научно-практические задачи, направленные на выполнение профилактической функции при эргономичном проектировании детской одежды специального назначения. В ходе исследования были выявлены основные виды физических нарушений у девочек младшего школьного возраста, для предупреждения которых были предложены подходы к проектированию на основе эргономических характеристик моделей одежды. Для исследования были собраны антропометрические данные с целью изучения конкретных размеров и структуры тела детей. При проектировании детской одежды на основе необходимых данных и информации были определены виды одежды, отвечающие различным параметрам, и представлены эргономически приемлемые модели. Предлагает новые подходы, направленные на совершенствование эргономики и профилактической функции детской одежды, а также на обеспечение ее безвредности для здоровья.

Ключевые слова: эргономичное проектирование, одежда, профилактическая функция, детское тело, виды телосложения, антропометрические измерение.

U. Kelessova[1], A. Zhapparova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

RESEARCH OF ACTUAL TASKS OF ERGONOMETRIC PLANNING OF CHILD'S CLOTHING

Abstract. This article provides for scientific and practical tasks aimed at performing a preventive function in the ergonomic design of children's clothing for special purposes. The study identified the main types of physical impairment in primary school girls, to

prevent which design approaches based on the ergonomic characteristics of clothing models were proposed. Anthropometric data were collected for the study in order to study the specific body sizes and structures of children. When designing children's clothing based on the necessary data and information, types of clothing that meet various parameters were identified and ergonomically acceptable models were presented. Proposes new approaches aimed at improving the ergonomics and preventive function of children's clothing, as well as ensuring its harmlessness to health.

Keywords: ergonomic design, clothing, preventive function, children's body, personality types, anthropometric corpse.

References

1. Gosudarstvennaya programmy razvitiya zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan na 2020-2025 gody [State Program for the Development of Healthcare of the Republic of Kazakhstan for 2020-2025] // Kazakhstanskaya pravda. – 2019. – No.121. [in Russian].
2. GOST 17917-86 Figury mal'chikov tipovyye. Razmernyye priznaki dlya proyektirovaniya odezhdy [Typical figures of boys. Dimensional features for clothing design]. – Introduced. 01.01.1987. – Moscow:Standart-inform, 2006. – 89 p. [in Russian].
3. GOST 17916-86 Figury devochek tipovyye. Razmernyye priznaki dlya proyektirovaniya odezhdy [Typical figures of girls. Dimensional features for clothing design]. – Introduced. 01.01.1987. – Moscow:Standart-inform, 2001. – 91 p. [in Russian].
4. Dunayevskaya, T.N., Koblyakova, Ye.B., Ivleva, G.S., Iyevleva, R.V. Osnovy prikladnoy antropologii i biomekhaniki [Fundamentals of Applied Anthropology and Biomechanics]. – Moscow: MSUDT, 2009. – 94 p. [in Russian].
5. Krivoborodova, Ye.YU. Razrabotka metodologii adresnogo proyektirovaniya odezhdy s ispol'zovaniyem novykh informatsionnykh tekhnologiy. [Development of a methodology for targeted clothing design using new information technologies]: dis. … Doctor Of Technical Sciences. – Moscow: MSUDT. – 2005. – 49 p. [in Russian].
6. Asanova, A.Ye. Razrabotka tekhnologii proyektirovaniya detskoy odezhdy na osnove antropometricheskikh obsledovaniy detskikh figur v Kazakhstane [Development of a technology for designing children's clothing based on anthropometric surveys of children's figures in Kazakhstan]: dis. … Candidate Of Technical Sciences. – Almaty, 2005. – 24 p. [in Russian].
7. Tastanbekova, G.N.Sovershenstvovaniye protsessa proyektirovaniya detskoy odezhdy na etape formirovaniya antropometricheskoy informatsii s primeneniyem innovatsionnykh tekhnologiy [Improvement of the process of designing children's clothing at the stage of forming anthropometric information using innovative technologies]: dis. … Candidate Of Technical Sciences. – Almaty, 2010. – 21 p. [in Russian].
8. Zakhvatova, Ye.V. Razrabotka metodiki proyektirovaniya lechebno-profilakticheskoy odezhdy:na primere izdeliy dlya massazha [Development of a methodology for designing medical and prophylactic clothing: using massage products as an example]: dis. … Candidate Of Technical Sciences. – Moskva, 2009. – 22 p. [in Russian].
9. Pomazkova, Ye.I. Proyektirovaniye detskoy odezhdy s zadannymi profilakticheskimi svoystvami [Designing children's clothing with specified prophylactic properties]: dis. … Candidate Of Technical Sciences. – Vladivostok, 2012. – 20 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.29.23

А.А. Ешжанов[1] – *негізгі автор*,
Ш.М. Әбихан[2], Г.К. Мурзабаева[3], С.Р. Ермеков[4]

[1]PhD, [2]Магистрант, [3]Магистр, [4]PhD, доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-5246-8233 [2]https://orcid.org/0009-0005-9005-8509*
[3]https://orcid.org/0000-0003-3647-2547 [4]https://orcid.org/0000-0002-2381-4459

[1,2,3,4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан

@ *[1]abilda_1977@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/GVNN7425

МАТАНЫ КӨБІКТЕЛГЕН КЕШЕНДІ АППРЕТТЕРМЕН АППРЕТТЕУДІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Жұмыста көбікті мөлшерлеуші агенттерді қолдануға негізделген маталарды әрлеудің жаңа технологиясы ұсынылған. Матаны көбік құрамымен бір рет сіңдіру технологиялық операциялардың санын айтарлықтай қысқартуға, суды, энергияны және химиялық заттарды тұтынуды азайтуға, сонымен қатар дайын өнімнің сапасын жақсартуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Зерттеулер нәтижесінде отқа төзімділігі, гидрофобтылығы және тозуға төзімділігі жоғары маталарды өндіруді қамтамасыз ететін көбікті мөлшерлеу агентінің оңтайлы формуласы әзірленді. Ұсынылған технология экологиялық қауіпсіз және үнемді.

Реологиялық өлшеулермен расталған моноэтаноламин (МЭА) енгізу есебінен жүйе тұтқырлығының жоғарылауы тығызырақ және тұрақты көбіктің пайда болуына әкеледі. Бұл көпіршіктердің пленкалары арасында сұйықтық ағуының қиындығына байланысты. Сондықтан көбікті мөлшерлеу агентін жасау үшін көбік түзгіштер (метаупон 0,1-0,2%, сульфоксид 61, превоцелл және басқа да заманауи беттік белсенді заттар) және белгілі бір концентрацияларда көбік тұрақтандырғыш МЭА қосымша қолданылады.

Тірек сөздер: матаны әрлеу, көбікті мөлшерлеуші, көбік түзгіштер, тұрақтандырғыштар, отқа төзімділік, гидрофобтылық.

Ешжанов, А.А. Матаны көбіктелген кешенді аппреттермен аппреттеудің тиімділігін зерттеу [Мәтін] / А.А. Ешжанов, Ш.М. Әбихан, Г.К. Мурзабаева, С.Р. Ермеков //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.350-358. https://doi.org/10.55956/GVNN7425

Кіріспе. Маталарды әрлеудің қолданыстағы технологиясы келесі термиялық өңдеулермен әртүрлі әрлеу агенттерін қосудың бірнеше рет қайталанатын және ауыспалы операцияларына негізделген. Бұл матаның қасиеттеріне теріс әсер етеді, химиялық заттарды, суды, буды, электр энергиясын тұтынуды арттыруды талап етеді және еңбек жағдайлары мен қоршаған ортаның тазалығына кері әсер етеді. Сонымен қатар, қолданыстағы әрлеу әдістері өңделген матаға кір және май жұқтырмау, аз шөгу және аз қыртыс қасиеттерін бермейді [1-3].

Бір реттік сіңдіру және термиялық өңдеу жағдайында маталар барлық қажетті қасиеттерді (отқа төзімділік пен шіруге төзімділікті қоса) бір мезгілде

алу кешенді плюс ваннаның компоненттерін негізделген және мұқият таңдау арқылы ғана мүмкін болады. Көбік аппреттеу агенттерін пайдаланған кезде, таңдалған компоненттердің көбік жүйесінің қасиеттеріне теріс әсерін де болдырмау керек. Барлық жағдайларда матаны өңдеудің қолданыстағы технологияларымен салыстырғанда алынған әрлеу әсерлерін бағалау қажет [4,5].

Мәселені шешу үшін ең перспективалы болып келесі химиялық қосылыстар негізіндегі препараттар табылады: құрамында фтор бар полимерлер, жалынға қарсы заттар, гидрофобизаторлар, термореактивті шайырлардың предконденсаттары, шірікке қарсы агент.

Жұмыста [6] көбік ортасында тоқыма материалдарын әрлеу процестерін жүргізудің орындылығы мен перспективалары туралы көптеген мысалдарды берген. Көбікті аппретту кезінде салыстырмалы түрде тұрақсыз көбіктер қолданылады, олар субстратпен байланыста болған кезде сұйықтыққа тез ауысады. Көбіктердің қасиеттері және аппликатордың конструкциясы олардың тез бұзылуына және матаның ылғалдануына ықпал етуі керек. Бұл ретте көбік генераторынан аппликаторға көшу үшін көбіктің тұрақтылығы жеткілікті болуы керек, сондықтан оны жиі жартылай тұрақты (метстабилді) деп атайды [7-10].

Жоғарыда айтылғандай, көбіктерді әр түрлі әрлеу, соның ішінде арнайы маталар талап ететін қасиеттер үшін сәтті пайдалануға болады. Көбікті аппреттеу кезінде ылғалдың төмен сіңірілуі (25-35%) аппреттелген матаны кептіру және термиялық өңдеу жылдамдығын арттыруға (кейде екі немесе одан да көп), су, бу, электр энергиясын тұтынуды азайтуға (орта есеппен 30-40%), еңбек жағдайлары мен экологиялық өндірістік жағдайды жақсартуға жағдай жасайды [11].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты әзірленген сулы кешенді құрам негізінде көбікті біріктіруші агенттерді алу процесін зерттеу және оларды қолданудың тиімділігін бағалау болып табылады. Осыған сәйкес келесі бағыттар бойынша зерттеулер жүргізілді:

– көбік түзгіш пен әрлеу көбік тұрақтандырғыштарын олардың концентрациясын оңтайландыра отырып таңдау;

– оптималды еселігі (10-15), жартылай ыдырау кезеңі (15-25 мин), ауа көпіршіктерінің орташа диаметрі (100-150-106 м) және мата бетіндегі көбік сорбция динамикасы (150-200%) бар әрлеу көбіктерін өндіруді қамтамасыз ету.

Таза сұйықтықтар ең аз тұрақтылық жағдайында да көбік түзе алмайтыны белгілі. Дисперсті жүйенің бос бетінің энергиясының өзгеруі келесі теңдеумен анықталады.

$$dG = V \cdot d \cdot P - S \cdot d \cdot T - \delta \cdot d \cdot A \quad (1)$$

тұрақты қысым мен температурада:

$$\delta = -(\frac{dG}{dA}) \quad (2)$$

және

$$\Delta G = -\delta \Delta A \quad (3)$$

Демек, бос беттік энергияның төмендеуі тек жүйенің меншікті бетінің азаюымен бірге жүруі мүмкін, бұл көбік үшін газ көпіршіктерінің бұзылуына сәйкес келеді. Сондықтан тұрақты көбік пайда болуы үшін ерітіндіде беттік белсенді қасиеттері бар (беттік белсенді заттар ББЗ) кем дегенде бір компонент болуы керек. Өңдеу-әрлеу көбіктерін алу үшін синергетикалық әсері бар жеке беттік белсенді заттарды немесе олардың қоспаларын пайдалануға болады. Гидрофобты тізбектегі 12-16 көміртегі атомдары бар агрессивті беттік белсенді заттардың максималды көбік түзу қабілеті бар екендігі туралы ақпарат бар [12]. 1-кестеде әртүрлі құрылымдағы көбік түзу қабілеті (КТҚ) бар беттік белсенді заттардың (ББЗ)сипаттамалары көрсетілген (Росс-Майлз әдісі) [13].

Кесте 1

Түрлі беттік белсенді заттардың (ББЗ) көбік түзу қабілеті

ББЗ (жалпы формула)	р	Концентрациясы, %	Температура, ^{0}С	КТҚ, H_o 10^{-3}м
$R-CH_2-O-SO_3Na$	C_7H_{15}	0.15	60	134
	C_9H_{19}			186
	$C_{11}H_{23}$			201
$P-N^*(CH_3)CH_2-OSO_2$	$C_{12}H_{25}$	0.20	45	1030
	$C_{18}H_{37}$			130
$R-SO_3Na$	$C_{12}H_{25}$	0.25	60	210
	$C_{15}H_{31}$			245
	$C_{18}H_{37}$			230
$R-COONa$	$C_{10}H_{21}$	0.30	25	175
	$C_{14}H_{29}$			255
	$C_{18}H_{37}$			30
$C_9H_{19}-C_6H_4-O(C_2H_4O)_nH$	$n=8$	0.25	50	22
	$n=10$			123
	$n=12$			143

Көбік түзудің тиімділігі беттік белсенді заттың (ББЗ) түріне, оның құрылымына, концентрациясына, көбік түзу температурасына және көбік түзетін қосылыстарды алу кезінде ескерілетін басқа да факторларға байланысты екені анық. Бұл жұмыста көбік түзетін агентті таңдау оңтайландырылған сулы кешенді әрлеу құрамының көбіктену дәрежесіне негізделген. Қолданылатын беттік белсенді заттардың сипаттамалары 2-кестеде берілген. Алынған көбіктер үшін олардың агрегаттық тұрақтылығын (тұрақтылығын) сипаттайтын кеңейту коэффициенті (көбіктену дәрежесі, β) және жартылай ыдырау периоды ($\tau_{1/2}$) анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Метаупонды пайдаланған кезде көбіктенген аппреттің еселігі 10-12 деңгейінде (зертханалық жағдайлар), ал көбіктің жартылай шығарылу кезеңі (құрамындағы сұйықтықтың жартысын босату уақыты) 5-10 минут. Көбіктің тұрақтылығын оңтайлы деңгейге дейін ($\tau_{1/2}$ = 20-25 мин) арттыру үшін көбіктен ағатын сұйықтықты иммобилизациялауға қабілетті жоғары молекулалық қосылыстар негізінде арнайы тұрақтандырғыш қоспалар (Полиакриламид (ПАА), моноэтаноламин (МЭА), Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), Поливиниловый спирт (ПВС)) әрлеу композициясына енгізілді.

Кесте 2

Күрделі әрлеу көбіктерінің жартылай ыдырау ($\tau_{1/2}$) кезеңінің мәндері

Көбік түзші						Тұрақтандырғыш				
Концентрациясы, %	1	2	3	4	5	Концентрациясы, %	ПАА	ПЭА	КМЦ	ПВС
Жартылай ыдырау кезеңі, мин										
0,05	1,8	2,4	2,8	0,5	3,5	0,5	8,6	16,3	11,4	13,3
0,10	2,3	3,2	3,6	1,3	4,2	1,0	11,3	21,4	-	15,4
0,15	2,8	3,6	4,5	1,6	4,8	1,5	13,6	26,5	18,6	18,6
0,20	3,1	3,8	4,8	1,8	5,5	2,0	15,8	27,8	22,4	21,3
0,25	3,8	3,9	5,4	2,2	6,8	2,5	19,3	29,4	22,5	23,7
0,30	3,9	4,2	6,2	2,4	7,8	3,0	21,4	30,6	27,8	25,3
0,50	4,0	4,6	7,4	2,5	8,9	3,5	22,6	34,9	-	26,4

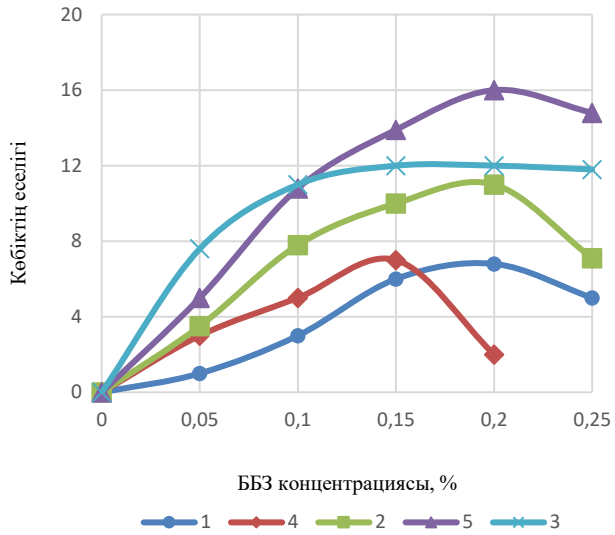
Әрлеу көбігінің еселігі мен тұрақтылығының оңтайлы мәндері метаупонды көбіктендіргіш ретінде қолданған кезде байқалады, метаупонның (олеин қышқылының метилтауриді) 0,15-0,20% концентрациясында максималды КТҚ және тұрақтандырушы әсері бар екендігі анықталды (1-сурет, 3-кесте).

Кесте 3

Қолданылатын көбік түзгіштердің сипаттамалары

№	ББЗ атауы	Класс	Химиялық құрам	Ерітіндінің pH0,1%	ККМ, моль/л
1	Дуапон 40	АПАВ	алкил полигликоль натрий сульфаты	8,6	0,35
2	Превоцелл \\ЮР	НПАВ	алкилфенолдардың этилен оксидімен конденсациялану өнімі	7,8	0,63
3	Сульфосид-61	АПАВ + НПАВ	Анионды-белсенді және ионды емес өнімдердің қоспасы	6,6	1,13
4	Тегістеуші А	КПАВ	алкилфенолдың диэтиламинометилполигликоль эфирінің төрттік тұзы	5,8	0,85
5	Метаупон	АПАВ	метилолеин қышқылы тауриді	8,5	0,44

Зерттелген $R(C_{10}\text{-}C_{16})\text{-}C\text{-}HCH_2CH_2OH$ қосылысы белсенді гидроксил тобының және азот атомының болуына байланысты айқын гидрофильдік қасиеттерді көрсетеді. Бұл көбік жүйелерінің сулы фазасымен тиімді әрекеттесуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ұзын көмірсутекті радикал молекулалардың мицеллаларға өзін-өзі ұйымдастыруына ықпал етеді, олар үш өлшемді желіні құра отырып, суды ұстап, көбік ішінде ұстайды. Осылайша, қосылыс бір уақытта тұрақтандырғыш және көбік құрылымын қалыптастырушы ретінде қызмет етеді.



1 – дуапон 40; 2 – превоцелл \\ЮР; 3 – сульфосид-61; 4 – тегістеуші А; 5 – метаупон.

Сурет 1. Әр түрлі көбіктендіргіштердегі кешенді әрлеу аппретінің көбіктенуі

Моноэтаноламинді (МЭА) көбік түзетін құрамға енгізу көбіктің жартылай шығарылу кезеңін 20-30 минуттық оңтайлы мәнге дейін арттырады. Көбік төзімділігінің бұл жоғарылауы аппликация әдісімен орындалатын бетінің тығыздығы 200-300 г/м² аралас құрамды (целлюлоза және полиэстер) маталарды өңдеу кезінде өте маңызды [14]. Тұтқырлықтың жоғарылауымен көбіктен сұйықтықтың ағу жылдамдығы төмендейтіні тәжірибе жүзінде анықталған. Бұл бақылау П.М.Кругляков пен Б.Р. Таубенің көбіктен сұйық ағынының жылдамдығын оның тұтқырлығына кері пропорционалды қатынаспен байланыстыратын теориялық тұжырымдарына толық сәйкес келеді. Мұндай ағын ламинарлы болған жағдайда бұл тәуелділік Пуазейль теңдеуінің бір түрімен сипатталады:

$$V = K \cdot \frac{\Delta P}{\eta} \qquad (4)$$

мұнда, V – көбіктен сұйықтықтың көлемдік шығыны, м^3/с; K – капиллярдың геометриялық өлшемдерін ескеретін коэффициент; ΔP – капилляр ұштарындағы қысым айырмашылығы; η – ағып жатқан сұйықтықтың динамикалық тұтқырлығы, Пас.

Реологиялық өлшеулермен расталған МЭА енгізу есебінен жүйе тұтқырлығының жоғарылауы тығызырақ және тұрақты көбіктің пайда болуына әкеледі. Бұл көпіршіктердің пленкалары арасында сұйықтық ағуының қиындығына байланысты. Сондықтан көбікті мөлшерлеу агентін жасау үшін көбік түзгіштер қосымша қолданылады (метаупон 0,1-0,2%, сульфоксид 61, превоцелл және басқа да заманауи беттік белсенді заттар) және белгілі бір концентрацияларда көбік тұрақтандырғыш МЭА қолданылады.

Матаның әрлеу сапасын анықтайтын әрлеу көбігінің негізгі сипаттамаларының бірі оның дисперсті құрамы болып табылады. Оңтайлы

нәтижелерге қол жеткізу үшін көпіршіктердің мүмкіндігінше біркелкі таралуы бар көбік алуға тырысу керек. Зерттелетін көбіктер үшін оңтайлы көпіршік өлшемі 110-140 мкм. Бұл дисперсті композиция матаның біркелкі сіңдіруін қамтамасыз етеді және жоғары сапалы әрлеуді алуға ықпал етеді. Белгіленген сипаттамалары бар көбік алу үшін әртүрлі әдістер қолданылады, соның ішінде жоғары жылдамдықты гомогенизация және сұйықтықтағы ауаның тиімді алынуын және таралуын қамтамасыз ететін арнайы көбік генераторларын пайдалану.

Рейнольдс теңдеулерін талдау:

$$Re_{\mu} = \frac{Nd^2\rho}{\mu} \quad (5)$$

Сұйық және жабдық геометриясының тұрақты физикалық-химиялық қасиеттерімен (ρ – тығыздық, μ – тұтқырлық) ауа дисперсиясының қарқындылығы көбік генераторының айналмалы элементтерімен жасалған гидродинамикалық жағдайлармен анықталатынын көрсетеді. Ротордың айналу жиілігі (N) турбуленттілік қарқындылығына, демек, пайда болатын көпіршіктердің өлшеміне әсер ететін негізгі параметр болып табылады.

Қорытынды. Зерттеулер маталарды өңдеу үшін көбік композицияларын қолданудың тиімділігін растады. Нәтижесінде оңтайлы көбік формуласы әзірленді, оның ішінде беттік белсенді заттар мен моноэтаноламин сияқты тұрақтандырғыштар. Моноэтаноламинді енгізу жүйенің тұтқырлығын арттыруға және көбік тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Жасалған технологияның технологиялық операциялардың санын азайту, ресурстарды тұтынуды азайту және маталардың өнімділік сипаттамаларын жақсарту сияқты бірқатар артықшылықтары бар. Алынған нәтижелер тоқыма өнеркәсібін дамытудың жаңа перспективаларын ашады.

Реологиялық өлшеулермен расталған моноэтаноламин (МЭА) енгізу есебінен жүйе тұтқырлығының жоғарылауы тығызырақ және тұрақты көбіктің пайда болуына әкеледі. Бұл көпіршіктердің пленкалары арасында сұйықтық ағуының қиындығына байланысты. Сондықтан көбікті мөлшерлеу агентін жасау үшін көбік түзгіштер (метаупон 0,1-0,2%, сульфоксид 61, превоцелл және басқа да заманауи беттік белсенді заттар) және белгілі бір концентрацияларда көбік тұрақтандырғыш МЭА қосымша қолданылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Пяткова, В.Е. Аппретирование тканей как одна из основных операций заключительной отделки материалов [Текст] / В.Е. Пяткова // Материалы XIII Международной научно-практической конференции: Экологические проблемы региона и пути их разрешения. – Москва, 2019. – С. 290-294.
2. Грабов, Л.Н. Способ аппретирования целлюлозосодержащей ткани [Текст] / Л.Н. Грабов, Э.С. Малкин, А.М. Шафир // Авторское свидетельство SU 1643637 A1, 23.04.1991. Заявка № 4470321 от 02.08.1988.
3. Булгаков, Б.А. Аппретированное углеродное волокно и способ его получения [Текст] / Б.А. Булгаков, А.В. Бабкин, А.В. Кепман, В.В. Авдеев, П.Б. Джеваков, Р.Ф. Коротков // Патент на изобретение RU 2694030 C2, 08.07.2019. Заявка № 2017137965 от 31.10.2017.
4. Gulrajani M.L. Emerging techniques for functional finishing of textiles// Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR). – 2011. – Vol. 36.
5. Скобова, Н.В. Исследование пропитывающих свойств водных дисперсий полимеров при аппретировании хлопчатобумажных тканей [Текст] / Н.В.

Скобова, Н.Н. Ясинская, Т.С. Козодой // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2020. – № 3(49). – С. 91-94.
6. Никитина, Л.Л. Современные полимерные композиции для отбеливания и окончательной отделки текстильных материалов [Текст] / Л.Л. Никитина, О.Е. Гаврилова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 20(16). – С. 119-122.
7. Ibrahim N. A., Abo-Shosha M.H., Elnagdy E.I., Gaffar M.A. Eco-friendly durable press finishing of cellulose-containing fabrics// Journal of Applied Polymer Science. – 2002. – Vol. 84. – Issue 12. – P. 2243-2253.
8. Ленько, К.А. Модифицированная методика определения тангенциального сопротивления методом наклонной плоскости тканей различной плотности после аппретирования [Текст] / К.А. Ленько, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, Ю.И. Марущак // Сборник научных трудов по материалам Круглого стола с международным участием: Теория и практика экспертизы, технического регулировния и подтверждения соответствия продукции. – Москва, 2021. – С. 171-176.
9. Mohamed Hashem, Nabil A. Ibrahim, Wfaa A. El-Sayed, Shereef El-Husseiny, Elham El-Enany // Carbohydrate Polymers. – 2009. – Vol. 78. Issue 3. – P. 502-510.
10. Лобова, Л.В. Исследование влияния аппретирования на сохранность шёлковых тканей [Текст] / Л.В. Лобова, В.И. Кобякова, И.А. Казиев // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2014. – № 3(25). – С. 57-61.
11. Михайлова, В.Е. Разработка безопасных аппретирующих составов для комплексной заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов [Текст] / В.Е. Михайлова, В.А. Епишкина, Р.Н. Целмс, В.К. Васильев // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2018. – № 2. – С.59-65.
12. Reshma A., BrindhaPriyadarisin V., Amutha K. Sustainable antimicrobial finishing of fabrics using natural bioactive agents - a review // Int. J. Life Sci. PharmaRes. – 2018. – Vol. 8(4). – P. (L) 10-20
13. Purwar R. Joshi M. Recent Developments in Antimicrobial Finishing of Textiles--A Review// AATCC Review. – 2004. – Vol 4. – Issue 3. – P. 22
14. Епишкина, В.А. Комплексная технология отделки тканей специального назначения [Текст] / В.А. Епишкина // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2011. – № 2. – С.17-20.

Материал редакцияға 28.11.24 түсті, 19.02.25 қабылданды.

А.А. Ешжанов[1], Ш.М. Әбихан[1], Г.К. Мурзабаева[1], С.Р. Ермеков[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППРЕТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ ВСПЕНЕННЫМИ КОМПЛЕКСНЫМИ АППРЕТАМИ

Аннотация. В работе представлена новая технология отделки тканей, основанная на использовании пенообразователей. Показано, что однократная пропитка ткани пенным составом позволяет существенно сократить количество технологических операций, снизить расход воды, энергии и химикатов, а также повысить качество готовой продукции. В результате исследований разработана оптимальная рецептура пенообразователя, обеспечивающая получение тканей с высокой огнестойкостью, гидрофобностью и стойкостью к истиранию. Предлагаемая технология экологически безопасна и экономична.

Увеличение вязкости системы за счет введения моноэтаноламина (МЭА), подтвержденное реологическими измерениями, приводит к образованию более плотной и стабильной пены. Это связано с затруднением течения жидкости между пленками пузырьков. Поэтому для создания пенообразователя дополнительно используют пенообразователи (метаупон 0,1-0,2%, сульфоксид 61, превоселл и другие современные ПАВ) и стабилизатор пены МЭА в определенных концентрациях.

Ключевые слова: отделка тканей, пенообразователи, концентрация пены, стабилизаторы, огнестойкость, гидрофобность.

A.A. Yeshzhanov[1], Sh.M. Abihan[1], G.K. Murzabayeva[1], S.R. Ermekov[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

RESEARCH ON THE EFFICACY OF FOAM-BASED COMPOUND FINISHING FOR FABRICS

Abstract. In this work, a new fabric finishing technology based on the use of foaming agents is presented. It is shown that a single impregnation of the fabric with a foam composition can significantly reduce the number of technological operations, reduce the consumption of water, energy, and chemicals, as well as improve the quality of the finished product. As a result of the research, an optimal foaming agent formulation has been developed, providing fabrics with high fire resistance, hydrophobicity, and abrasion resistance. The proposed technology is environmentally friendly and economical.

An increase in the viscosity of the system due to the introduction of monoethanolamine (MEA), confirmed by rheological measurements, leads to the formation of a denser and more stable foam. This is due to the difficulty of fluid flow between the bubble films. Therefore, to create a foam former, additional foaming agents (metaupon 0.1-0.2%, sulfoxide 61, prevosell and other modern surfactants) and a foam stabilizer MEA are used in certain concentrations.

Keywords: textile finishing, foam-forming agents, foam density, foam stabilizers, flame retardancy, water repellency.

References

1. Pyatkova, V.Ye. Appretirovaniye tkaney kak odna iz osnovnykh operatsiy zaklyuchitel'noy otdelki materialov [Finishing of fabrics as one of the main operations of final finishing of materials] // Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference: Ekologicheskiye problemy regiona i puti ikh razresheniya [Environmental Problems of the Region and Ways to Solve Them]. – Moscow, 2019. – P. 290-294. [in Russian].
2. Grabov L.N., Malkin E.S., Shafir A.M. Sposob appretirovaniya tsellyulozosoderzhashchey tkani [Method of finishing cellulose-containing fabric] / L.N. Grabov, // Author's certificate SU 1643637 A1, 23.04.1991. Application No. 4470321 dated 02.08.1988. [in Russian].
3. Bulgakov B.A., Babkin A.V., Kepman A.V., Avdeyev V.V., Dzhevakov P.B., Korotkov R.F. Appretirovannoye uglerodnoye volokno i sposob yego polucheniya [Finished carbon fiber and method for its production] // Patent for invention RU 2694030 C2, 08.07.2019. Application No. 2017137965 dated 31.10.2017. [in Russian].
4. Gulrajani M.L. Emerging techniques for functional finishing of textiles// Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR). – 2011. – Vol. 36.
5. Skobova N.V., Yasinskaya N.N., Kozodoy T.S. Issledovaniye propityvayushchikh svoystv vodnykh dispersiy polimerov pri appretirovanii khlopchatobumazhnykh tkaney [Study of impregnating properties of aqueous polymer dispersions in finishing of cotton fabrics] // News of higher educational institutions. Light industry technology. – 2020. – No. 3(49). – P. 91-94. [in Russian].
6. Nikitina L.L., Gavrilova O.Ye. Sovremennyye polimernyye kompozitsii dlya otbelivaniya i okonchatel'noy otdelki tekstil'nykh materialov [Modern polymer

compositions for bleaching and finishing of textile materials] // Bulletin of Kazan Technological University. – 2013. – No. 20(16). – P. 119-122. [in Russian].

7. Ibrahim N. A., Abo-Shosha M.H., Elnagdy E.I., Gaffar M.A. Eco-friendly durable press finishing of cellulose-containing fabrics// Journal of Applied Polymer Science. – 2002. – Vol. 84. – Issue 12. – P. 2243-2253.
8. Len'ko K.A., Yasinskaya N.N., Skobova N.V., Marushchak YU.I. Modifitsirovannaya metodika opredeleniya tangentsial'nogo soprotivleniya metodom naklonnoy ploskosti tkaney razlichnoy plotnosti posle appretirovaniya [Modified Method for Determining Tangential Resistance by the Inclined Plane Method of Fabrics of Different Density after Finishing] // Collection of scientific papers based on the materials of the Round Table with international participation: Teoriya i praktika ekspertizy, tekhnicheskogo regulirovniya i podtverzhdeniya sootvetstviya produktsii [Theory and practice of examination, technical regulation and confirmation of product conformity]. – Moscow, 2021. – P. 171-176. [in Russian].
9. Mohamed Hashem, Nabil A. Ibrahim, Wfaa A. El-Sayed, Shereef El-Husseiny, Elham El-Enany // Carbohydrate Polymers. – 2009. – Vol. 78. Issue 3. – P. 502-510.
10. Lobova L.V., Kobyakova V.I., Kaziyev I.A. Issledovaniye vliyaniya appretirovaniya na sokhrannost' sholkovykh tkaney [Study of the effect of finishing on the safety of silk fabrics] // News of higher educational institutions. Technology of light industry. – 2014. – No 3(25). – P. 57-61. [in Russian].
11. Mikhaylova V.Ye., Yepishkina V.A., Tselms R.N., Vasil'yev V.K. Razrabotka bezopasnykh appretiruyushchikh sostavov dlya kompleksnoy zaklyuchitel'noy otdelki tsellyulozosoderzhashchikh tekstil'nykh materialov [Development of safe finishing compositions for complex final finishing of cellulose-containing textile materials] // Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences. – 2018. – No. 2. – P. 59-65. [in Russian].
12. Reshma A., BrindhaPriyadarisin V., Amutha K. Sustainable antimicrobial finishing of fabrics using natural bioactive agents - a review // Int. J. Life Sci. PharmaRes. – 2018. – Vol. 8(4). – P. (L) 10-20.
13. Purwar R. Joshi M. Recent Developments in Antimicrobial Finishing of Textiles--A Review// AATCC Review. – 2004. – Vol 4. – Issue 3. – P. 22.
14. Yepishkina, V.A. Kompleksnaya tekhnologiya otdelki tkaney spetsial'nogo naznacheniya [Integrated technology for finishing special-purpose fabrics] // Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and Technical Sciences. – 2011. – No. 2. – P. 17-20. [in Russian].

IRSTI 64.31.81

I. Jurinskaya[1] – *main author*,
I. Tashmukhanbetova[2]

[1]*PhD, Associate Professor,* [2]*Undergraduate*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-3607-2001* [2]*https://orcid.org/0000-0002-4066-8238*

[1,2]*Almaty Technological University,*

Almaty, Kazakhstan

[1]*indi_06.79@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/KCVC2293

INVESTIGATION OF PILLING AND STRETCHABILITY OF DOUBLE-LAYER KNITTED STRUCTURES PRODUCED FROM NATURAL AND CHEMICAL YARNS

Abstract. The physical-mechanical properties of double-layer knitted structures made from natural and chemical yarns were examined. Pilling resistance and stretchability were determined based on experiments conducted using GOST and BS standards. The influence of yarn composition and knitting density on these properties was identified. It was established that samples with 100% merino wool demonstrated the highest pilling resistance, achieving a mean score of 4.75 at a density of 350 courses per 10 cm. Stretchability tests revealed that blends containing 50% acrylic exhibited the greatest elongation, with a mean value of 17.67% at a density of 340 courses per 10 cm. The relationship between fiber composition, knitting density, and the resulting mechanical properties of the fabrics was clarified. The findings provide a foundation for optimizing the design of double-layer knitted fabrics to meet specific performance requirements.

Keywords: double-layer knitted structures, pilling, stretchability, natural yarns, chemical yarns, knitting density, textile properties.

Jurinskaya I., Tashmukhanbetova I. Investigation of pilling and stretchability of double-layer knitted structures produced from natural and chemical yarns //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.359-370. https://doi.org/10.55956/KCVC2293

Introduction. The evolution of high-performance textiles has become a central focus in both scientific research and industrial development. Among the many innovations in textile engineering, double-layer knitted fabrics have emerged as a versatile and functional solution [1-5]. These fabrics allow for the integration of diverse fiber properties within a single structure, enabling the design of textiles that combine strength, flexibility, and aesthetic appeal. Their unique construction makes them particularly suitable for applications such as outerwear, home furnishings, and technical textiles, where performance under varying conditions is paramount [6].

The choice of this research topic is motivated by the growing need for textile materials that strike an optimal balance between key mechanical properties. Two critical factors in textile production are pilling resistance and stretchability, which substantially impact the performance and longevity of knitted fabrics. Pilling, the

formation of fuzzy balls on the fabric surface, negatively affects the aesthetic and functional quality of textiles, diminishing their market value and usability. Conversely, stretchability determines a fabric's comfort, adaptability, and suitability for garments or technical applications requiring freedom of movement. Despite advancements in textile technology, achieving an ideal equilibrium between these two properties remains a persistent challenge [7-9].

Previous studies have explored the performance of single-layer knitted fabrics in terms of pilling and stretchability, but limited research has focused on the interplay of these properties in double-layer structures [10,11]. This study aims to address this research gap by investigating the influence of yarn composition and knitting density on the pilling resistance and stretchability of double-layer knitted fabrics.

Current research primarily focuses on single-layer knitted fabrics [12-14], leaving a significant gap in the understanding of double-layer constructions. Single-layer fabrics lack the ability to integrate fibers with complementary properties in a single structure, limiting their versatility. Double-layer knitted fabrics, however, provide an innovative solution by enabling the use of different yarns on each side, optimizing the balance between mechanical properties. For instance, the outer layer can be designed for durability and aesthetic appeal, while the inner layer focuses on comfort and flexibility. These unique benefits have driven interest in double-layer fabrics, yet systematic research into their properties is still insufficient.

This study is relevant not only to the textile industry but also to broader fields such as materials science and design engineering. While the potential of double-layer knitted fabrics is widely recognized, there remain critical unanswered questions:

How does the composition of yarns influence key mechanical properties like pilling resistance and stretchability?

What role does knitting density play in optimizing these properties?

Can the unique design flexibility of double-layer structures be leveraged to achieve the desired balance between pilling resistance and stretchability?

Answering these questions is essential for advancing the practical application of double-layer fabrics in industries that demand high-performance textiles. This research addresses these gaps by systematically analyzing the effects of fiber composition and knitting density on the mechanical properties of double-layer knitted structures.

The novelty of this study lies in its focus on combining natural and synthetic fibers in double-layer constructions and examining their mechanical behavior under controlled conditions. Previous studies have highlighted the individual contributions of wool, acrylic, and synthetic fibers to fabric properties, but the synergistic effects of these combinations in double-layer fabrics have not been explored in depth. Additionally, while knitting density is known to affect fabric performance, its interaction with fiber composition in double-layer structures is poorly understood [15].

The primary objective of this study is to determine how yarn composition and knitting density influence pilling resistance and stretchability in double-layer knitted fabrics. The results aim to provide a foundation for optimizing fabric design to meet specific performance requirements. The practical significance of this work lies in its ability to inform the production of textiles with tailored properties, catering to industries ranging from fashion to technical applications [16,17].

This study not only fills a critical gap in the literature but also provides actionable insights for the textile industry. The findings are expected to advance the development of durable, flexible, and aesthetically pleasing knitted fabrics, ultimately contributing to innovation in textile design and manufacturing.

Materials and methods. To address the identified research gaps and systematically evaluate the influence of yarn composition and knitting density on the mechanical properties of double-layer knitted fabrics, a series of experiments were conducted. The methodologies and materials used in this study are detailed below.

Materials. The samples for this study were produced on a flat knitting machine with a 9-gauge configuration. Three types of double-layer knitted samples were prepared, each combining synthetic and natural fibers in varying proportions. The knitting was performed at two densities: 340 and 350 courses per 10 cm. The compositions and densities are detailed in Table 1.

Table 1

Yarn Composition and Knitting Density

Sample Composition	Synthetic (%)	Wool (%)	Acrylic (%)	Knitting Density (courses/10 cm)
Synthetic + 100% Red Wool	50	50	-	340, 350
Synthetic + 50% Green Wool, Acrylic	50	25	25	340, 350
Synthetic + 100% Emerald Merino Wool	50	50	-	340, 350

Each knitted sample was a double-layer structure, where the composition and density were controlled to ensure consistency. The samples were knitted as panels and later cut into uniform swatches measuring 10 cm×10 cm for testing. This size was chosen to align with the requirements of the pilling and stretchability testing standards.

The selection of yarn compositions was based on their common use in functional textiles, aiming to evaluate the interaction between natural (wool, merino wool) and synthetic (acrylic, synthetic fibers) materials in enhancing mechanical properties.

Methods. The mechanical properties of the samples were assessed using standardized testing methods to evaluate two key parameters: pilling resistance and stretchability.

1. Pilling Resistance Testing

Pilling resistance was tested using a Martindale MT 191 abrasion tester, in accordance with GOST R ISO 12945-2-2012. The testing procedure included the following steps:

– Each sample was placed under a load of 415 g.

– The samples underwent 5000 rubbing cycles against a standard abrasive surface.

– Pilling was visually assessed using a grading scale from 1 to 5:

1: Severe pilling

5: No visible pilling

Three samples were tested for each composition and density. The results were averaged, and the standard deviation was calculated to ensure statistical accuracy.

2. Stretchability Testing

Stretchability was evaluated on a TF143 Fryma Fabric Extension Tester, following the BS 4294 standard. The procedure included:

– Each sample was clamped and stretched at a rate of 20 mm/min under a pre-tension of 2 N.

– The maximum elongation (%) was recorded at the breaking point.

– After a 5-minute relaxation period, the permanent deformation (%) was measured.

Each test was repeated three times per sample, and the mean values were calculated for further analysis.

Research results. The pilling resistance results, as presented in Table 2, clearly demonstrate the influence of yarn composition and knitting density on this property. Fabrics with a 100% merino wool composition exhibited the greatest resistance to pilling, achieving a mean score of 4.75 at a knitting density of 350 courses per 10 cm. In contrast, blends containing 50% acrylic fibers displayed lower pilling resistance, which can be attributed to the smooth surface and reduced cohesion of acrylic fibers.

Table 2

Pilling Resistance by Yarn Composition and Knitting Density

Composition	Density (courses/10 cm)	Mean Pilling (1-5)	Standard Deviation
Synthetic + 100% Red Wool	340	3.75	0.50
Synthetic + 50% Wool, Acrylic	340	2.75	0.43
Synthetic + 100% Merino Wool	340	4.75	0.25
Synthetic + 100% Red Wool	350	4.00	0.00
Synthetic + 50% Wool, Acrylic	350	3.00	0.00
Synthetic + 100% Merino Wool	350	5.00	0.00

The findings indicate that increasing the knitting density from 340 to 350 courses per 10 cm enhanced the pilling resistance across all the tested fabric compositions. Additionally, the samples made with 100% merino wool consistently exhibited superior pilling resistance compared to the other compositions, highlighting the significant influence of fiber cohesion and structure on this property. Previous studies have shown that the resistance to pilling is strongly linked to fabric density, as a higher density creates a more compact surface that is less susceptible to the formation of pills.

Regarding stretchability, the results presented in Table 3 show both the maximum elongation and permanent deformation. Fabrics containing a 50% acrylic blend demonstrated the greatest elongation, with an average value of 17.67% at a knitting density of 340 courses per 10 cm. Conversely, the samples made with 100% merino wool exhibited the lowest elongation but superior recovery, as evidenced by their lower permanent deformation percentages.

Table 3

Stretchability Results by Yarn Composition and Knitting Density

Composition	Density (courses/10 cm)	Mean Elongation (%)	Permanent Deformation (%)	Standard Deviation
Synthetic + 100% Red Wool	340	14.67	4.00	0.58
Synthetic + 50% Wool, Acrylic	340	17.67	6.33	0.58
Synthetic + 100% Merino Wool	340	12.33	3.33	0.58
Synthetic + 100% Red Wool	350	13.67	3.67	0.58
Synthetic + 50% Wool, Acrylic	350	16.67	6.00	0.58
Synthetic + 100% Merino Wool	350	12.67	3.00	0.58

Fabrics with a 50% acrylic blend demonstrated the greatest elongation across both knitting densities, consistent with acrylic's inherent stretchability. Elevating the knitting density typically diminished elongation for all fiber compositions, as the tighter fabric structure restricted extensibility.

In contrast, the samples made with 100% merino wool exhibited the lowest permanent deformation, underscoring their superior recovery and dimensional stability.

The influence of knitting density and yarn composition on the mechanical properties of the fabrics is analyzed through comparative visualizations in Figure 1 and Figure 2.

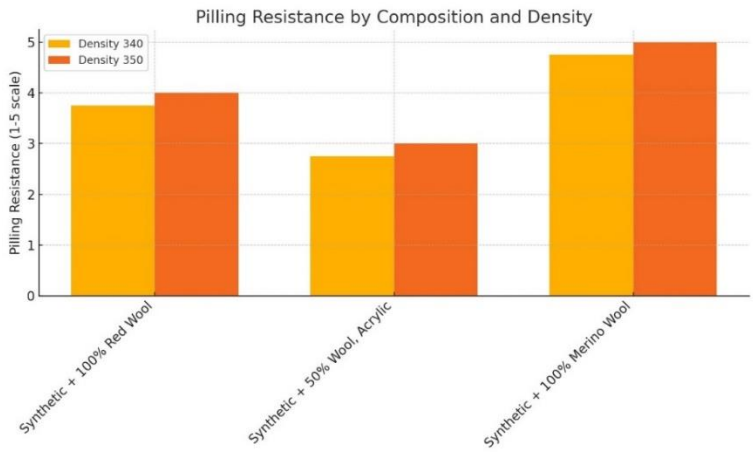


Fig. 1. Bar chart comparing mean pilling resistance across compositions and densities

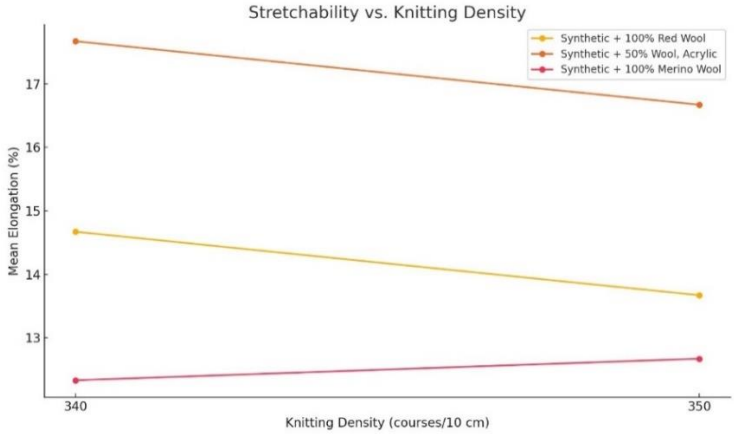


Fig. 2. Line graph showing mean elongation (%) versus knitting density for each composition

These visualizations underscore the trade-offs between pilling resistance and stretchability, emphasizing the need to balance these properties during fabric design. While fabrics with higher density and merino wool content exhibit superior pilling resistance, they tend to be less stretchable. Conversely, fabrics containing acrylic blends demonstrate greater elongation but reduced pilling performance [18,19]. Optimizing the design of double-layer knitted structures requires finding the right compromise between these mechanical properties to meet the targeted end-use requirements [18-20,12].

The key findings of this study demonstrate that yarn composition and knitting density significantly impact the pilling resistance and stretchability of double-layer knitted structures. Fabrics with higher density and more merino wool fibers showed superior pilling resistance, while acrylic blends exhibited greater elongation but less pilling performance. These insights can inform textile designers and manufacturers in optimizing fabric properties to meet specific end-use requirements.

Statistical analyses confirmed significant differences in pilling resistance and stretchability across the tested fabric compositions. Samples with 100% merino wool had significantly better pilling resistance than acrylic blends, while the acrylic blended fabrics exhibited significantly greater elongation. These results validate the substantial influence of fiber type and knitting density on the mechanical properties of the double-layer knitted structures.

Discussion. The analysis shows that yarn composition affects pilling resistance. Knitting density influences the stretchability characteristics [21,22]. The results are comparable to previous studies on the tactile properties of woven fabrics made from various staple fibers [22] and the mechanical behavior of knitted structures used in composites.

The 100% merino wool fabrics exhibited the highest pilling resistance, which can be attributed to the fiber's inherent crimp and surface roughness that increases cohesion between fibers, preventing the formation of pills [18,19,23].

The smooth surface and reduced cohesion of acrylic fibers, on the other hand, led to lower pilling resistance in the 50% acrylic blends.

This study investigated the effects of yarn composition and knitting density on the mechanical properties of double-layer knitted fabrics, specifically focusing on pilling resistance and stretchability. The findings reveal significant

dependencies on both factors, offering insights into how the structural design and material composition of fabrics influence their performance characteristics. Below, the results are discussed in detail and compared with prior research.

The findings reveal that the pilling resistance of double-layer knitted fabrics is significantly impacted by both the yarn composition and the knitting density. Specifically, the samples composed of 100% merino wool demonstrated the highest pilling resistance, achieving a mean score of 4.75 at a density of 350 courses per 10 cm. This can be attributed to the inherent cohesiveness of merino wool fibers, which enables them to resist detachment under abrasive forces. Conversely, the fabric blends containing 50% acrylic fibers exhibited lower resistance to pilling, which can be attributed to the smooth surface and reduced cohesion of acrylic compared to natural fibers.

Increasing the knitting density from 340 to 350 courses per 10 cm consistently improved pilling resistance across all compositions. This aligns with findings from previous studies [24], which have shown that higher knitting densities create more compact and stable fabric surfaces, reducing the likelihood of fiber entanglement and detachment that leads to pilling. For instance, [25] reported that tightly knitted single-layer wool fabrics exhibited 20-30% greater resistance to pilling compared to looser constructions.

In terms of stretchability, the results indicate that the 50% acrylic blended fabrics demonstrated the greatest elongation, with over 6% extension under tensile loading. This is consistent with the inherent extensibility of acrylic fibers, which can undergo significant deformation before reaching their breaking point. Conversely, the 100% merino wool samples exhibited the lowest permanent deformation, underscoring their superior dimensional stability and recovery properties.

However, it is noteworthy that even at lower densities, merino wool samples outperformed other compositions, indicating that fiber composition plays a more dominant role in determining pilling resistance. This reinforces findings by [26], who emphasized the importance of natural fibers, particularly wool, in enhancing surface stability.

The stretchability results highlighted the superior elongation properties of fabrics containing 50% acrylic fibers, which achieved a mean elongation of 17.67% at a density of 340 courses per 10 cm. Acrylics inherent elasticity allows for greater extensibility compared to natural fibers like wool. However, these fabrics also exhibited the highest permanent deformation, indicating reduced recovery and dimensional stability after stretching. This is consistent with the findings of [27-31], who noted similar trade-offs in single-layer acrylic-wool blends.

In contrast, fabrics with 100% merino wool displayed the lowest elongation but superior recovery, as evidenced by the smallest permanent deformation percentages. This suggests that while merino wool may limit the extensibility of fabrics, it enhances their ability to maintain structural integrity after mechanical stress. Such properties are desirable for applications where dimensional stability is critical, such as technical textiles or high-performance apparel.

Overall, the results of this study provide valuable insights for textile designers and manufacturers seeking to optimize the performance characteristics of double-layer knitted fabrics. Fiber composition and knitting density should be carefully considered to achieve the desired balance of pilling resistance and stretchability, depending on the intended end-use applications [12,19,20,32].

The effect of knitting density on stretchability was also significant. Higher densities (350 courses per 10 cm) generally reduced elongation across all compositions. This reduction can be explained by the tighter fabric structure, which restricts fiber mobility and limits overall extensibility. Similar trends were reported by [12,33], who found that increasing density in knitted fabrics reduced elongation by up to 15% while improving recovery properties.

However, the impact of density was less pronounced than that of fiber composition, particularly for pilling resistance.

The novel contribution of this research lies in its focus on double-layer knitted fabrics, which allow for the integration of diverse fiber properties. While prior studies have largely concentrated on single-layer structures, this work demonstrates the unique advantages and challenges of designing double-layer textiles to achieve specific mechanical properties.

This research underscores the practical applications for textile design. Merino wool fabrics are well-suited for durable end-uses such as outerwear, while acrylic blends are more appropriate for stretchable garments like sportswear. Achieving the optimal balance between pilling resistance and stretchability is crucial, with dense natural fibers favoring robustness and synthetic blends enhancing comfort. The innovative potential of double-layer textile constructions lies in their ability to integrate complementary fiber properties to meet diverse performance requirements.

To further develop this research, expanding the range of fiber compositions and knitting densities could provide a more complete understanding of the factors affecting mechanical properties. Additionally, evaluating the long-term durability of these fabrics under real-world conditions, such as repeated washing and wear, would enhance the practical relevance of the findings. Exploring other performance attributes, like thermal insulation, air permeability, and moisture-wicking, would allow for a more comprehensive assessment of double-layer textile structures.

The discussion highlights the significant influence of yarn composition and knitting density on the mechanical properties of double-layer knitted fabrics. By systematically evaluating these factors, this study provides actionable insights for optimizing textile design to meet specific performance requirements. These findings lay the groundwork for future innovations in high-performance textile engineering, enabling the development of fabrics that balance durability, flexibility, and comfort.

Conclusion. This study investigated the pilling resistance and stretchability of double-layer knitted fabrics produced from natural and synthetic yarns.

1. This study systematically investigated the pilling resistance and stretchability of double-layer knitted fabrics composed of natural and synthetic yarns. The key findings are:

– 100% merino wool demonstrated the highest pilling resistance, achieving a mean score of 4.75 at a knitting density of 350 courses per 10 cm. Fabrics containing 50% acrylic fibers exhibited the greatest elongation, reaching a mean value of 17.67% at 340 courses per 10 cm;

– Increasing knitting density consistently enhanced pilling resistance while slightly reducing stretchability across all tested compositions. This highlights the inherent trade-offs in fabric design, where durability and flexibility often conflict;

– The unique advantages of double-layer textile constructions were apparent, allowing for the integration of complementary fiber properties to meet diverse performance requirements.

2. The research findings underscore the significance of customizing fiber composition and knitting density to fulfill specific application requirements. High-density fabrics containing natural fibers like merino wool are well-suited for durable applications necessitating longevity and aesthetic appeal, such as outerwear and upholstery. Conversely, acrylic blends, with their enhanced flexibility, are more appropriate for stretchable garments like sportswear. These insights provide actionable guidance for textile designers aiming to optimize fabric properties for targeted end-use applications.

3. The unique construction of double-layer knitted fabrics allows for the integration of complementary fiber properties. By utilizing distinct layers, these fabrics can strike a balanced equilibrium between durability, flexibility, and aesthetic appeal. This versatile design makes them a compelling solution for addressing diverse performance requirements in the fashion and technical textile sectors.

4. While the current study offers valuable insights, there are several limitations that merit further investigation:

– Expanding the range of fiber compositions and knitting densities examined would provide a more comprehensive understanding of the factors influencing the mechanical properties of these fabrics;

– Assessing the long-term durability of the fabrics under real-world conditions, such as repeated washing and wear, is essential to validate their practical applications;

– Exploring additional performance attributes, including thermal insulation, air permeability, and moisture-wicking, would enable a more holistic evaluation of the double-layer knitted fabric structures. Future research could also investigate the environmental sustainability of these fabrics, such as their biodegradability and the life cycle impact of natural and synthetic fiber blends.

5. This study makes a significant contribution to the field of high-performance textiles by providing a systematic analysis of double-layer knitted fabrics, a relatively underexplored area. The findings establish a foundation for optimizing textile design, supporting the development of fabrics that meet specific functional and aesthetic needs. By bridging the gap between material science and practical application, this research paves the way for innovative fabric solutions that cater to evolving industry demands.

References

1. Kiš A., Schwarz I., Brunšek R., Kovačević S. Justification of starching cotton and aramid yarns by industrial and laboratory processes // Polymers. – 2023. – Vol. 15. – Issue 11. – P. 2448.
2. Singal K., Dimitriyev M.S., Gonzalez S.E., Cachine A.P., Quinn S., Matsumoto E.A. Programming mechanics in knitted materials, stitch by stitch // Nature Communications. – 2024. – Vol. 15. – Issue 1.
3. Kamalova I. ., Mirusmanov B.F., Kayumov J., Qosimov A.A., Yusupova M.N.Q. Mathematical modeling of the bulk density property of knitted fabrics // Engineering. – 2022. – Vol. 14. – Issue 1. – P. 33-42.
4. Allaniyazov G.Sh., Kholikov K., Gulyaeva G., Musaev N., Mukimov M. Study of technological parameters and material consumption of two-layer knitted fabric // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 304. – P. 3037.
5. Furferi R., Mantellassi F., Volpe Y. Design and manufacturing of an innovative triple-layer thermo-insulated fabric // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10. – Issue 2. – P. 680.

6. Lee M., Mata-Falcón J., Popescu M., Kaufmann W. Thin-walled concrete beams with stay-in-place flexible formworks and integrated textile shear reinforcement // Structural Concrete. – 2023. – Vol. 24. – Issue 4. – P. 4960.
7. Ravandi, S.A.H., Valizadeh, M. Properties of fibers and fabrics that contribute to human comfort. – Elsevier eBooks, 2011. – 61-78 p.
8. Kanai H., Ogawa K., Sasagawa T., Shibata K. Influence of the mechanical stretch property of fabrics on the wear comfort of men's suit pants // Textile Research Journal. – 2021. – Vol. 91. – Issue 23. – P. 2771-2785.
9. Kostajnšek K., Dimitrovski K., Kadoğlu H., Çelik P., Başal G., Üte T. B., Duran D., Ertekin M., Demšar A., Bizjak M. Functionalization of woven fabrics with PBT yarns // Polymers. – 2021. – Vol. 13. – Issue 2. – P. 260.
10. Kumar R., Sood S. A study on porosity related aspects of cotton knitted fabric with single jersey structure for improved comfort application for garment // Journal of Textile Engineering & Fashion Technology. – 2020. – Vol. 6. – Issue 5. – P. 199-204.
11. Patil U., Kane C., Ramesh P. Wickability behaviour of single-knit structures // Journal of the Textile Institute. – 2009. – Vol. 100. – Issue 5. – P. 457-465.
12. Assefa A., Govindan N. Physical properties of single jersey derivative knitted cotton fabric with tuck and miss stitches // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2020. – Vol. 15.
13. Beltrán R., Wang L., Wang X. Predicting the pilling tendency of wool knits // Journal of the Textile Institute. – 2006. – Vol. 97. – Issue 2. – P. 129-136.
14. Tajiri K., Murakami R., KOBAYASHI S., TARUMI R., Sano T. G. Curling morphology of knitted fabrics: Structure and mechanics // arXiv (Cornell University). – 2024.
15. Leung P.S.K., Shkowitz R.L.H. Snag- and fuzz-resistant double knits via fabric construction // Textile Research Journal. – 1975. – Vol. 45. – Issue 2. – P. 93-102.
16. Rajamanickam R., Park S., Jayaraman S. A structured methodology for the design and development of textile structures in a concurrent engineering framework // Journal of the Textile Institute. – 1998. – Vol. 89. – Issue 3. – P. 44-62.
17. Sfameni S., Lawnick T., Rando G., Visco A., Textor T., Plutino M. R. Functional silane-based nanohybrid materials for the development of hydrophobic and water-based stain-resistant cotton fabrics coatings // Nanomaterials. – 2022. – Vol. 12. – Issue 19. – P. 3404.
18. Coldea A.M., Vlad D. Study regarding the physical-mechanical properties of knits for garments – pilling performance // MATEC Web of Conferences, 2017. – Vol. 121. – P. 1002.
19. Kaynak H. K., Babaarslan O. Effects of filament linear density on the comfort-related properties of polyester knitted fabrics // Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 2016. – Vol. 24. – Issue 1. – P. 89.
20. Gorea A., Baytar F., Sanders E. A. Effect of stitch patterns on moisture responsiveness of seamless knitted wool fabrics for activewear // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2020. – Vol. 33. – Issue 2. – P. 175-187.
21. Zílio L., Dias M., Santos T. F., Santos C. M., Fonseca R., Amaral A., Aquino M. Characterization and statistical analysis of the mechanical behavior of knitted structures used to reinforce composites: Yarn compositions and float stitches // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – Vol. 9. – Issue 4. – P. 8323-8336.
22. Lord P. R., Radhakrishnaiah P., Grove G. L. Assessment of the tactile properties of woven fabrics made from various types of staple-fibre yarn // Journal of the Textile Institute. – 1988. – Vol. 79. – Issue 1. – P. 32-52.
23. Hoque Md.S., Hossain Md.J., Rahman Md.M., Rashid Md.M. Fiber types and fabric structures influence on weft knitted fabrics // Heliyon. – 2022. – Vol. 8. – Issue 6.
24. Wang L., Qian X. Pilling-resistant knitwear. – Elsevier eBooks, 2017. – 217-229 p.

25. Uyanık S., Topalbekiroğlu M. The effect of knit structures with tuck stitches on fabric properties and pilling resistance // Journal of the Textile Institute. – 2017. – Vol. 108. – Issue 9. – P. 1584-1589.
26. Kumpikaitė E., Tautkutė-Stankuvienė I., Simanavičius L., Petraitienė S. The influence of finishing on the pilling resistance of linen/silk woven fabrics // Materials. – 2021. – Vol. 14. – Issue 22. – P. 6787.
27. Brad R., Dinu M. Experimental investigation on tensile strength of jacquard knitted fabrics // arXiv (Cornell University). – 2015. – Vol. XVI. – No.1. – P. 21-26.
28. Press J.J. The character of wool-like fabrics: A basic study from an engineering viewpoint // Journal of the Textile Institute. Proceedings. – 1952. – Vol. 43. – Issue 8. – P. 699-717.
29. Whiteley K. J. The inter-relation of stress, strain and creep characteristics in wool fibres // Journal of the Textile Institute Transactions. – 1962. – Vol. 53. – Issue 12. – P. 553-559.
30. Cookson P. G. Hygral expansion behavior of woven wool fabrics // Textile Research Journal. – 1990. – Vol. 60. – Issue 10. – P. 579-590.
31. Das A. K., Kothari V. K., Balaji M. Studies on cotton–acrylic bulked yarns and fabrics. Part I: Yarn characteristics // Journal of the Textile Institute. – 2007. – Vol. 98. – Issue 3. – P. 261-267.
32. Shiddique Md.N.A., Repon Md.R., Mamun R.A., Paul D., Akter N., Shahria S., Islam M.S. Evaluation of impact of yarn count and stitch length on pilling, abrasion, shrinkage and tightness factor of 1×1 rib cotton knitted fabrics // Journal of Textile Science & Engineering. – 2018. – Vol. 8. – Issue 5.
33. Tian H., Jiang Y., Qi Y., Xiang H., Yan J. Study of knitted fabrics with ultra-low modulus based on geometrical deformation mechanism // Textile Research Journal. – 2018. – Vol. 89. – Issue 5. – P. 891-899.

Received: 30 November 2024
Accepted: 12 February 2025

И.М. Джуринская[1], И.Б. Ташмуханбетова[1]

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ТАБИҒИ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ЖІПТЕРДЕН ЖАСАЛҒАН ЕКІ ҚАБАТТЫ ТОҚЫМА ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ПИЛЛИНГКЕ ТӨЗІМДІЛІГІ МЕН СЕРПІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Табиғи және химиялық жіптерден жасалған екі қабатты тоқыма құрылымдарының физикалық-механикалық қасиеттері зерттелді. Пиллингке төзімділік және серпімділік көрсеткіштері ГОСТ және BS стандарттарына сәйкес жүргізілген эксперименттер негізінде анықталды. Бұл қасиеттерге жіптердің құрамы мен тоқыма тығыздығының әсері анықталды. 100% меринос жүнінен жасалған үлгілердің пиллингке ең жоғары төзімділік көрсеткені белгілі болды, бұл көрсеткіш 350 курстық тығыздықта 4,75 орташа балға жетті. Серпімділік сынақтары құрамында 50% акрил бар қоспалардың ең үлкен созылу көрсеткішін 340 курстық тығыздықта 17,67% орташа мәнмен қамтамасыз еткенін көрсетті. Талшық құрамы, тоқыма тығыздығы және олардың механикалық қасиеттері арасындағы байланыс анықталды. Алынған нәтижелер екі қабатты тоқыма құрылымдарының дизайндарын белгілі бір функционалдық талаптарға сай оңтайландыру үшін негіз болып табылады.

Тірек сөздер: екі қабатты тоқыма құрылымдары, пиллинг, серпімділік, табиғи жіптер, химиялық жіптер, тоқыма тығыздығы, тоқыма қасиеттері.

И.М. Джуринская[1], И.Б. Ташмуханбетова[1]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЛЛИНГОСТОЙКОСТИ И РАСТЯЖИМОСТИ ДВУХСЛОЙНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Аннотация. Изучены физико-механические свойства двухслойных трикотажных конструкций, изготовленных из натуральных и химических нитей. Пиллингоустойчивость и растяжимость определялись на основе экспериментов, проведённых в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ и BS. Установлено влияние состава нитей и плотности вязания на указанные свойства. Образцы, изготовленные из 100% мериносовой шерсти, показали наивысшую пиллингоустойчивость, среднее значение которой составило 4,75 балла при плотности 350 курсов на 10 см. Тесты на растяжимость продемонстрировали, что смеси, содержащие 50% акрила, обладали наибольшим удлинением со средним значением 17,67% при плотности 340 курсов на 10 см. Выявлена взаимосвязь между составом волокна, плотностью вязания и механическими свойствами трикотажных полотен. Полученные результаты создают основу для оптимизации проектирования двухслойных трикотажных конструкций в соответствии с конкретными функциональными требованиями.

Ключевые слова: двухслойные трикотажные конструкции, пиллинг, растяжимость, натуральные нити, химические нити, плотность вязания, текстильные свойства.

МРНТИ 64.33.14

А.К. Абдикаева[1] – *основной автор*,
У.У. Смайлова[2], Г. Жарқымбекқызы[3]

[1]Канд. техн. наук, [2]PhD, [3]Магистр

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-4385-7074 [2]https://orcid.org/0000-0002-0640-4378 [3]https://orcid.org/0009-0002-9517-0792*

[1,2]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[3]Таразский университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

@ *[1]aigulabdi9@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/TBXI9253

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТАТИЧЕСКОГО СООТВЕТСТВИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье рассматривается процесс оценки эргономических показателей антропометрического соответствия комплекта изделий, изготовленного по различным методикам конструирования, наиболее часто используемые в индивидуальном пошиве. В экспериментально изготовленных образцах макетов, состоящих из плечевого и поясного изделия были определены показатели статического соответствия, оказывающие влияние на оценку качества посадки одежды. Для измерения и оценки конструктивных показателей применялся метод проектирования линий номинального положения с последующим отображением на поверхность макета изделия. При комплексной оценке качества посадки изделия использовались относительные критерии, определяемые балльной шкалой. Полученные результаты при индивидуальном подходе способствуют изготовлению изделий с заданным уровнем статического соответствия, позволяющие эстетически улучшить внешний вид и повысить качество швейных изделий.

Ключевые слова: эргономическая оценка, конструктивные показатели, статическое соответствие, методики конструирования.

Абдикаева, А.К. Эргономическая оценка статического соответствия швейных изделий [Текст] / А.К. Абдикаева, У.У. Смайлова, Г. Жарқымбекқызы //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.371-379. https://doi.org/10.55956/TBXI9253

Введение. Индивидуальное изготовление швейных изделий, отличающееся хорошей посадкой и оригинальным дизайном, приобретает все большую популярность среди потребителей. Возможность учета индивидуальных особенностей и предпочтений заказчика обеспечивает комфорт, эстетически приятный вид и уникальность стиля, при этом скрывает недостатки и подчёркивает достоинства внешности [1]. Поэтому, разработка конструкций по индивидуальным меркам с учётом особенностей фигуры человека остается актуальным вопросом.

Условия и методы исследования. Изготовление изделий основывается на построении чертежа базовой конструкции, в том числе и по индивидуальным заказам. Согласно поставленного эксперимента были построены чертежи конструкций женского комплекта (164-92-100),

состоящего из плечевого изделия (жакет) и поясного (брюки) [2]. При этом, были применены методики конструирования наиболее часто используемые в практике индивидуального пошива, такие методики как «Мюллер и сын», «ЦОТШЛ», «Любакс» и «Венская» [3-6].

При оценке проектного качества продукции используются такие понятия как «удобство» и «комфорт». Для оценки «комфорта» целесообразно использовать эргономические показатели качества системы человек-одежда. Согласно ГОСТ 16035-81 в группу эргономических показателей входят антропометрические, гигиенические и психофизиологические [7]. Особенностью антропометрических показателей является то, что они имеют важное значение при проектировании продукции, находящейся в непосредственном контакте с человеком.

Характер антропометрических связей между человеком и одеждой в состоянии покоя (статический) и во время движения (динамический) определяются разными критериями. В работе проведены эксперименты статического соответствия макетов изделия, построенные различными методиками конструирования, используемые при индивидуальном изготовлении швейных изделий. Эргономическая оценка качества макетов изделий, изготовленных по различным методикам конструирования одежды была проведена в ТОО «Зоя и компания», город Алматы.

Эргономическая статика является отправной точкой для определения рациональных размеров и формы опорных частей (зон статического контакта) конструкции одежды при проектировании и позволяет оценить статическое соответствие (качество) проектируемой конструкции [8].

Выбор показателей, определяющих статическое соответствие одежды помогает определить степень выраженности ее дефектов по размеру (пропорциональности) и форме тела человека (балансу). Наличие этих показателей характеризуют и определяют уровень соответствия внешнего вида изделия количеству и видам деффектов.

В работе были использованы единичные показатели для плечевых изделий, выявленные в исследовательских работах Е.Б. Кобляковой:

– отвесность положения краев бортов полочек – X_1;
– деффекты из-за неточностей технологического процесса – X_{12};
– наклонные свободные складки на спинке – X_5;
– отвесность положения рукава – X_9;
– горизонтальные свободные складки на спинке – X_6;
– отвесность положения боковых швов – X_2;
– горизонтальность положения линии низа – X_3;
– напряжения ткани из-за недостаточной выпуклости полочки или спинки – X_{10};
– свободные складки в области талии изделия – X_{11} [8].

Приведенные конструктивные показатели являются ведущими и оказывают наибольшее влияние на оценку качества посадки изделия.

Оценка показателей таких как положение борта, рукава и боковых швов производится бесконтактым методом с использованием проекционного экрана. Для измерения и оценки показателей X_1, X_9 был использлван метод «диаскопического проектирования» линий с учетом допускаемых отклонений на полочке и рукава макетного образца [9]. Конструктивные показатели качества посадки макетов определялись с использованием «метода зрительной экспертной оценки» по пятибалльной системе. Так, комплексная

оценка состояла из двух показателей: измерительной и оценочной. Комплексный показатель эргономической согласованности $P_{ст}$ определяется:

$$P_{ст}=\sum_{i\ \ l}^{n} m_i P_l\,, \qquad i=\underset{1,\ \ n}{\longrightarrow}, \qquad \sum_{i=l}^{n} m_i = 1 \qquad (1)$$

где P_i – дифференцированная балльная оценка i-го показателя экспертов [8].

В таблицах 1-4 представлены эргономические показатели статического соответствия плечевых и поясных изделий.

Таблица 1

Оценка эргономических показателей статического соответствия швейных изделий (плечевые), вид спереди

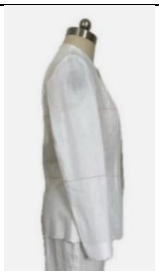
№	Методика построения чертежей конструкции изделия	Номенклатура показателей			
		Образец макета, вид спереди	Передне-задний баланс изделия	Образец макета, вид сбоку	Боковой баланс изделия
1	ЦОТШЛ		Передне-задний баланс изделия соответствует норме X_1, отсутствие дефектов X_{12}, горизонтальное положение низа изделия X_3, основание горловины располагается выше		Баланс плечевого шва соответствует норме X_9, по боковому шву имеются заломы в области бедер X_2
2	Мюллер и Сын		Наклонные заломы по ширине груди X_{10}, отсутствие складок по линии талии X_{11}		По окату рукава заломы X_9
3	Любакс		По линии полузаноса расхождение X_1, завышены линии груди, талии X_{10}		Баланс плечевого шва имеет отклонение в сторону спинки X_9
4	Венская		Передний баланс изделия соответствует норме X_1, отсутствие дефектов X_{12} и горизонтальное положение низа изделия X_3		Баланс плечевого шва соответствует норме X_9

Таблица 2

Оценка эргономических показателей статического соответствия швейных изделий (плечевые), вид сзади

№	Методика построения чертежей конструкции изделия	Номенклатура показателей			
		Образец макета, вид сзади	Передне-задний баланс изделия	Образец макета, вид сбоку	Боковой баланс изделия
1	ЦОТШЛ		По спинке отсутствие деффектов X_{12}		Отвесность положения рукава в норме X_9,
2	Мюллер и Сын		Наличие свободных наклонных складок на спинке от линии проймы X_5		По окату рукава заломы X_9
3	Любакс		Линии груди, талии завышены X_{10}, горизонтальные свободные складки по спинке - X_6		Отвесность положения рукава имеет отклонение в сторону спинки X_9
4	Венская		Отсутствие напряженности по спинки X_{10}, наклонных свободных наклонных складок на спинке X_5		Баланс плечевого шва соответствует норме X_9

Таблица 3

Оценка эргономических показателей статического соответствия швейных изделий (поясные), вид спереди [10]

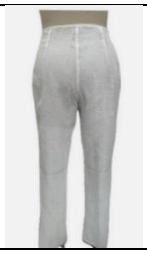
№	Методика построения чертежей конструкции изделия	Номенклатура показателей			
		Образец макета, вид спереди	Передне-задний баланс изделия	Образец макета, вид сбоку	Боковой баланс изделия
1	2	3	4	5	6
1	ЦОТШЛ		Наличие складок по линии бедер		Боковой баланс имеет отклонение в сторону задней половинки брюк, наличие заломов

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
2	Мюллер и Сын		Переизбыточность ширины передней половинки брюк		Боковой баланс соответствует норме
3	Любакс		Передне-задний баланс соответствует норме		Боковой баланс соответствует норме
4	Венская		Передне-задний баланс соответствует норме		Боковой баланс соответствует норме

Таблица 4

Оценка эргономических показателей статического соответствия швейных изделий (поясные), вид сзади

№	Методика построения чертежей конструкции изделия	Номенклатура показателей			
		Образец макета, вид сзади	Передне-задний баланс изделия	Образец макета, вид сбоку	Образец макета, вид сзади
1	2	3	4	5	6
1	ЦОТШЛ		Наличие складок по линии бедер		Боковой баланс имеет отклонение в сторону задней половинки брюк, наличие заломов
2	Мюллер и Сын		Отмутсивие деффектов		Боковой баланс соответствует норме

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
3	Любакс		Передне-задний баланс соответствует норме		Боковой баланс соответствует норме
4	Венская		Передне-задний баланс соответствует норме		Боковой баланс соответствует норме

Результаты исследований и их обсуждение. Эргономическая оценка статического соответствия качества конструкции плечевых и поясных швейных изделий аналогичны модели проектирования, в статике анализируются фронтальные, профильные виды. В таблице 5 представлены параметры показателя качества посадки макетных образцов.

Таблица 5

Параметры показателя качества посадки швейных изделий

№	Методика построения чертежей конструкции изделия	Параметр показателя качества посадки, ед.изм.							
		Положение краев бортов полочек, град		Глубина наклонных складок на спинке, см		Глубина горизонтальных складок на спинке, см		Положение нижней точки переднего переката рукава, град	
		Числовое значение показателя	Оценка показателя, баллы	Числовое значение показателя	Оценка показателя, баллы	Числовое значение показателя	Оценка показателя, баллы	Числовое значение показателя	Оценка показатея, баллы
1	ЦОТШЛ	0	5	0	5	0	5	13,5	5
2	Мюллер и сын	0,6	4,5	0,5	4	0,2	4,5	15,5	4
3	Любакс	3	2,0	0,2	4,5	0,5	3,5	10,5	3
4	Венская	0	5	0	5	0	5	13,5	5

Рассматривая отвесное положения борта полочки и рукава необходимо отметить об их номинальном положении. Такое положение определяется величиной угла, которое образуется между вертикалью и линией борта или переднего переката рукава. Согласно номинального значения угла с отвесным положением рукава на типовую женскую фигуру равную 14-15°, можно констатировать следующее: макеты, изготовленные по

вышеперечисленным методикам соответствуют нормативным показателям за исключением методики «Любакс», имеющий наименьший показатель угла переднего переката рукава.

Изделия с хорошим качеством посадки относятся к первому сорту, при этом по каждому показателю баллы должны соответствовать от 5 до 3,5; второй сорт определяется удовлетворительным качеством посадки, что соответствует от 3 до 2 баллов [11]. В зависимости от степени проявления деффектов единичных показателей распределение балльной шкалы показало, что макет комплекта построенного по методике «Любакс» можно отнести ко второму сорту, остальные к первому. Так, качество посадки изделия было рассмотрено с учетом баланса, характеризующегося правильным положением плечевых и боковых швов, уровнем линии груди и талии.

Заключение. Проведенный анализ методик построения конструкций изделий дал возможность на основе комплексной эргономической оценки антропометрического соответствия в статике на макетных образцах определить качественные характеристики одежды. Полученные результаты при индивидуальном подходе способствуют проектированию одежды с заданным уровнем статического соответствия, позволяющие улучшить внешний вид и повысить комфортность швейных изделий.

Список литературы

1. Квашнина, Е.П. Роль и значение мастерских по индивидуальному пошиву одежды [Текст] / Е.П. Квашнина, С.В. Булганина // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации».
2. Жарқымбекқызы Г. Әйелдер костюмін жеке тұтынушыға жетілдіру мақсатында дизайн-жобалау процесін зерттеу [Текст]: Магистерская диссертация. – Тараз: Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, 2024. – 73 с.
3. Киселева, В.В. Конструирование одежды. Конструктивное моделирование одежды. Проектировании одежды сложных форм и покроев [Текст] / В.В. Киселева. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. – 87 с.
4. [?] Сборник Ателье. Техника кроя. Мюллер и сын [Текст]. – М.: ЗАО «Эдипресс-Конлига», 2010. – 161 с.
5. Красникова-Аксёнова, Л.Я. Крой без тайн [Текст]: часть1. – [?].
6. Матюшина, В.П. Единый метод конструирования женской одежды ЦОТШЛ Часть 1. Основы конструирования плечевых изделий [Текст] / В.П. Матюшина, Т.Н. Прыткова. – М.: ЦБНТИ, 1981. – 85 с.
7. ГОСТ 16035-81. Показатели качества изделий эргономические. термины, определения, классификация и номенклатура [Текст]. – [?].
8. Коблякова, Е.Б. Конструирование одежды с элементами САПР [Текст]: Учеб. 4-е изд. / Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, В.Е. Романов [и др.]. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
9. Коблякова, Е.Б. Лабораторный практикум по конструированию одежды [Текст]: учебное пособие / Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, И.А. Антонов [и др.]. – М.: Легкая индустрия, 1976. – 320 с.
10. Лашина, И.В. Проблемные вопросы и совершенствование процесса проектирования женской поясной одежды [Текст]: монография / И.В. Лашина. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 98 с.
11. Дзахмишева, И.Ш. Товароведение и экспертиза швейных, трикотажных и текстильных товаров [Текст]: учебное пособие / И.Ш. Дзахмишева, С.И. Балаева, М.В. Блиева, Р.М. Алагирова. – М.: К, 2019. – 345 с.

Материал поступил в редакцию 01.12.24, принят 23.03.25.

А.К. Абдикаева[1], У.У. Смайлова[1], Г. Жарқымбекқызы[2]

[1]Алматы Технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

ТІГІН БҰЙЫМДАРЫНЫҢ СТАТИКАЛЫҚ СӘЙКЕСТІГІН ЭРГОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада жеке тігуде жиі қолданылатын әртүрлі конструкциялау әдістеріне сәйкес жасалған бұйымдар жиынтығының антропометриялық сәйкестігінің эргономикалық көрсеткіштерін бағалау процесі қарастырылды. Иық және белдік бұйымдарынан тұратын эксперименталды түрде жасалған макет үлгілерінде киім қонымдылығының сапасын бағалауға әсер ететін статикалық сәйкестік көрсеткіштері анықталды. Құрылымдық көрсеткіштерді өлшеу және бағалау үшін номиналды позиция сызықтарын жобалау әдісі қолданылды, содан кейін өнім макетінің бетіне көрсетілді. Өнім қонымдылығының сапасын кешенді бағалау кезінде баллдық шкаламен анықталған салыстырмалы критерийлер қолданылды. Жеке тәсілмен алынған нәтижелер статикалық сәйкестіктің белгіленген деңгейі бар бұйымдарды жасауға ықпал етеді, бұл тігін бұйымдарының сыртқы эстетикалық түрін және сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: эргономикалық бағалау, конструктивті көрсеткіштер, статикалық сәйкестік, конструкциялау әдістері.

A.K. Abdikayeva[1], U.U. Smailova[1], G. Zharkymbekkyzy[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]M.Kh.Dulaty Taraz University, Taraz,Kazakhstan

ERGONOMIC ASSESSMENT OF THE STATIC CONFORMITY OF GARMENTS

Abstract. The article discusses the process of evaluating the ergonomic indicators of anthropometric compliance of a set of products made using various design techniques, most often used in individual tailoring. In experimentally produced samples of models consisting of a shoulder and waist product, static compliance indicators were determined, which affect the assessment of the quality of clothing fit. To measure and evaluate the design parameters, the method of designing lines of nominal position was used, followed by displaying the product layout on the surface. In a comprehensive assessment of the product's fit quality, relative criteria determined by a point scale were used. The obtained results, with an individual approach, contribute to the manufacture of products with a given level of static compliance, allowing aesthetically improving the appearance and improving the quality of sewing products.

Keywords: ergonomic assessment, design indicators, static compliance, design techniques.

References

1. Kvashnina Ye.P., Bulganina S.V. Rol' i znacheniye masterskikh po individual'nomu poshivu odezhdy [The role and importance of custom-made clothing workshops] // Electronic scientific and practical journal "Modern scientific research and innovation". [in Russian].
2. Zharkymbekkyzy G. Əyyelder kostyumín zheke tūtynushyġa zhetíldíru mak¸satynda dizayn-zhobalau protsesín zertteu [Study of the design process for the purpose of improving women's suits for individual consumers]: Master's thesis. – Taraz: Taraz Regional University named after M.H. Dulaty, 2024. – 73 p. [in Russian].

3. Kiseleva, V.V. Konstruirovaniye odezhdy. Konstruktivnoye modelirovaniye odezhdy. Proyektirovanii odezhdy slozhnykh form i pokroyev [Clothing design. Constructive modeling of clothing. Designing clothes of complex shapes and cuts]. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2019. – 87 p. [in Russian].
4. [?] Sbornik Atel'ye. Tekhnika kroya. Myuller i syn [Collection Atelier. Cutting technique. Müller and son]. – Moscow: ZAO «Edipress-Konliga», 2010. – 161 p. [in Russian].
5. Krasnikova-Aksonova, L.YA. Kroy bez tayn [Cutting without secrets]: part 1. – [?]. [in Russian].
6. Matyushina, V.P., Prytkova, T.N. Yedinyy metod konstruirovaniya zhenskoy odezhdy TSOTSHL Chast' 1. Osnovy konstruirovaniya plechevykh izdeliy [Unified method of designing women's clothing TsOTShL Part 1. Fundamentals of designing shoulder products]. – Moscow: TSBNTI, 1981. – 85 p. [in Russian].
7. GOST 16035-81. Pokazateli kachestva izdeliy ergonomicheskiye. terminy, opredeleniya, klassifikatsiya i nomenklatura [Ergonomic quality indicators of products. terms, definitions, classification and nomenclature]. – [?]. [in Russian].
8. Koblyakova, Ye.B., Ivleva, G.S., Romanov, V.Ye. et al. Konstruirovaniye odezhdy s elementami SAPR [Clothing design with CAD elements]: Textbook. 4th ed. – Moscow: Legprombytizdat, 1988. – 464 p. [in Russian].
9. Koblyakova, Ye.B., Ivleva, G.S., Antonov, I.A. et al. Laboratornyy praktikum po konstruirovaniyu odezhdy [Laboratory training in clothing design]: textbook. – Moscow: Legkaya industriya, 1976. – 320 p. [in Russian].
10. Lashina, I.V. Problemnyye voprosy i sovershenstvovaniye protsessa proyektirovaniya zhenskoy poyasnoy odezhdy [Problematic issues and improvement of the design process of women's waist clothing]: monograph. – Moscow: IPR Media, 2023. – 98 p. [in Russian].
11. Dzakhmisheva, I.SH., Balayeva, S.I., Bliyeva, M.V., Alagirova, R.M. Tovarovedeniye i ekspertiza shveynykh, trikotazhnykh i tekstil'nykh tovarov [Commodity science and examination of sewing, knitted and textile goods]: textbook. – Moscow: K, 2019. – 345 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.29.23

Г.А. Касымова[1] – *негізгі автор*,
К.И. Баданов[2], Т. Тогатаев[3],
И.К. Баданов[4], Ж.С. Рахманова[5], Р.Р. Баданова[6]

©

[1,4]Докторант, [2]Техн.ғылым.канд., профессор, [3,5]Техн.ғылым.канд., доцент, [6]Аға оқытушы

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-9165-9027 [2]https://orcid.org/0000-0003-1603-0717 [3]https://orcid.org/0000-0002-0547-9052 [5]https://orcid.org/0000-0003-4490-2404 [6]https://orcid.org/0000-0002-1170-923X*

[1,2,5,6]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[4]Сәтбаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан

@ *[2]kenzebad@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/WKFY5487

СИНТЕТИКАЛЫҚ СОПОЛИМЕРЛЕРДІҢ СУ ДИСПЕРСИЯСЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ПИГМЕНТТЕРМЕН ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫНА БАСУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

Аңдатпа. Жұмыста пигментті басып шығаруда байланыстырғыш ретінде су полиуретанды дисперсияларды қолдану мүмкіндігі зерттелді. Біз алғаш рет байланыстырғыш ретінде қолданылатын полиуретанды дисперсияға негізделген жаңа композицияларды қолданамыз. Бұл полиуретанды дисперсияларды қолдану арқылы қоюландырғыштардың ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. Олар төмен температурада өңдеу кезінде берік және серпімді полимерлі пленкаларды алуды қамтамасыз етеді. Мұндай дисперсиялар экологиялық таза өнімдер болып табылады, өйткені улы еріткіштер қолданылмайды. Біз реологиялық модификатор ретінде полиуретанды дисперсиялары бар композициялардағы жаңа полиуретанды қоюландырғыштарды қолдануды ұсынамыз. Қолданылған дисперсиялар жұмсақ және пластикалық пленканы қалыптастыруға қабілетті. Полиуретанды дисперсияға негізделген жаңа байланыстырғыштар тиімді баспа композицияларын жасауға, басып шығару сапасын жақсартуға, жақсартылған өнімділік қасиеттерін беруге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: пигмент, полиуретан, дисперсия, пленка, загуститель, композиция.

Касымова, Г.А. Синтетикалық сополимерлердің су дисперсиясына негізделген пигменттермен тоқыма материалдарына басу технологиясының ерекшелігі [Мәтін] / Г.А. Касымова, К.И. Баданов, Т. Тогатаев, И.К. Баданов, Ж.С. Рахманова, Р.Р. Баданова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.380-392. https://doi.org/10.55956/WKFY5487

Кіріспе. Текстиль материалдарын өндіру талшықтардың әртүрлі түрлерін қолданатын және әртүрлі тоқыма бұйымдарын жасайтын өте үлкен және күрделі жаһандық сала болып табылады [1]. Пигментті бояудың ресурс

үнемдейтін, аз шығынды, экологиялық қауіпсіз технологияларын әзірлеу өзекті міндет болып табылады, оны шешудің практикалық маңызы зор [2]. Пигментті басып шығарудың көптеген артықшылықтарына қарамастан, басып шығару сапасының жеткіліксіздігіне әкелетін технологиялық процесте туындайтын мәселелер әлі де бар [3]. Басып шығарудың жаңа технологияларын енгізу технологиялық операциялар санының азаюы нәтижесінде экономикалық шығындардың азаюына әкеледі. Табиғи және химиялық талшықтардың қоспаларынан тіндердің көбеюіне байланысты пигменттермен бояу ерекше маңызға ие болады. Пигменттер кез-келген құрамдағы талшықты субстраттарды бояуға өте ыңғайлы. Пигментті бояудың артықшылығы - боялған маталарды жууды болдырмау нәтижесінде салыстырмалы қарапайымдылық пен технологиялық процестің төмендеуі, суды тұтыну шығындарының төмендеуі, жарық беріктігі бойынша жоғары көрсеткіштермен бояулар алу мүмкіндігі. Пигментті бояумен түстердің тұрақтылығы пигменттердің қасиеттеріне және пигментті құрамға байланысты. Пигментті баспа композицияларында байланыстырғыш ретінде жаңа су полиуретанды дисперсияларды пайдалану кезінде текстиль материалдарын басып шығару технологиясын жетілдіру әртүрлі қоюландырғыштары бар полиуретанды дисперсияларды қолдану тиімділігін бағалау бағыты бойынша жүргізілуі мүмкін [4]. Бұл ретте пигментті басып шығаруда байланыстырушы ретінде полиуретандарды қолдану мүмкіндігін зерделеу; баспа құрамдас бөліктерінің бояулардың баспа-техникалық және колористикалық қасиеттеріне үйлесімділігінің әсерін зерделеу; жүйелердің құрылымдық-механикалық параметрлері мен реологиялық сипаттамасын анықтау; толтырғыштарды композициялар пленкаларының құрылымына және олардың талшыққа адгезиялық беріктігіне енгізудің әсерін зерделеу қажет [5-7]. Басып шығару сапасын арттыру мақсатында полиуретанды полимерлерге негізделген кешенді қоюландырғыштарды қолдану арқылы баспа бояуларының құрамын оңтайландыру ; полиуретанды дисперсиялардың әртүрлі қоюландырғыштармен үйлесімділігін анықтау; баспа композицияларында оңтайлы компоненттік қатынастарды құру қажет [8]. Жоғарыда аталған мәселелерді шешу қымбат импорттық аналогтарды ауыстыруға және өңдеудің төмен температурасы есебінен энергия шығынын үнемдеуді қамтамасыз етуге, басып шығару процесінің экологиялық қауіпсіздігін жақсартуға, пигментті бояғыштардың перспективалық класы үшін текстиль баспа бояуларының ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік беретін жаңа полиуретанды дисперсиялар негізінде шағын компонентті композициялармен басып шығару технологиясын әзірлеуге мүмкіндік береді [9].

Біз пигментті басып шығару үшін жаңа су полиуретанды дисперсияларды пайдалануды ұсынамыз, бұл полимердің осы перспективалы түрін пайдалану арқылы қоюландырғыштардың ассортиментін кеңейтуге, тоқыма материалдарын пигментті бояудың тиімді шағын компонентті және экологиялық қауіпсіз технологиясын жасауға мүмкіндік береді. Бұл технология матаның түс параметрлерін жақсартуға, текстиль материалының жұмсақтығын сақтай отырып, талшықты субстратқа пигмент бөлшектерін берік адгезиялық бекітуге мүмкіндік береді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жұмыста «AZALA Textile» ЖШС (Шымкент қ.) шығаратын артикулы 4744/1 бөз шлихтансыздарылған, ағартылған мақта-мата матасы пайдаланылды. Мақта матаның техникалық сипаттамасы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Мақта матаның техникалық сипаттамасы

Матаның атауы және белгіленуі	Матаның ені, см	Беттік тығыздығы, г/м^2	10 см жіптердің саны		50х200 мм мата жолақтары жыртылу жүктемесі, Н		Ылғал өңдеуден кейін сызықтық өлшемдердің өзгеруі, %	
			негіз	арқау	негіз	арқау	негіз	арқау
арт.4744/1 ағартылған бөз	150 ± 2,0	140 ± 7	251 ± 5	226 ± 7	350	300	-5,0	± 2,0

Зерттеу нысандары: «Макромер» Владимир қ. (Ресей) ғылыми-өндірістік кәсіпорны ЖШҚ әзірлеген және шығарған Аквапол 11, 12, 15, 21, 23 маркалы термопластикалық полиуретандардың дисперсиялары. Аквапол полиуретанды дисперсиялардың сипаттамасы 2-кестеде берілген.

Кесте 2

Аквапол полиуретанды дисперсиялардың сипаттамасы

маркасы / сипаттамасы	Аквапол 11 ТУ 2251-372-10488057-2004	Аквапол12	Аквапол15	Аквапол 21 ТУ 2251-379 10488057-2007	Аквапол 23
Полимердің негізі	полиуретан			полиуретан	
Изоцианаттын түрі	аромати калық	алифати калық	алифати калық	алифатикалық (алифатты изоцианатпен полиуретанды дисперсия)	аромати калық
Құрғақ заттың массалық үлесі, %	38,0-42,0	30,29	40	28,0-32,0	30
pH	6,5-8,5	8,07	7,8	6,6-8,5	6,9
25 ºС-ғы динамикалық тұтқырлық, мПа*с	27,1	16,4	16,0	7,1	6,9
Пленкалардың сыртқы көрінісі	мөлдір, жылтыр, жұмсақ	мөлдір, жылтыр, жұмсақ	мөлдір, жылтыр, жұмсақ	мөлдір, жылтыр, жұмсақ	күңгірт, жұмсақ
Қолдану саласы	құрылымдық желім, пигментті басып шығару			әр түрлі мақсаттағы композицияларда байланыстырушы және пленка түзуші ретінде пайдалану үшін	

Полиуретанды дисперсиялар – бұл әртүрлі тұтқырлықтағы көкшіл-күңгірттен сүтті-ақ түске дейінгі сұйықтықтар. Тұтқырлық негізгі заттың құрамына, бөлшектердің мөлшеріне, компоненттердің табиғатына байланысты. Дисперсия бөлшектерінің мөлшері белгілі бір қолдану аймағына байланысты реттелуі мүмкін және 300 нм-ден аспайды. Зерттелетін

полимерлер қатты фрагменттің түрімен ерекшеленеді. Аквапол 11 және аквапол 23-те хош иісті толуилендиизоцианаты бар. Аквапол 12, аквапол 15, аквапол 21-де алифатты изофорондиизоцианаты бар. Осы полимерлердің барлығында аниондық орталықтың бір түрі бар - карбоксил. Өндірушілер Аквапол 15 алу кезінде полиол компоненті ретінде қарапайым полиэфирді, ал аквапол 21 және аквапол 23 алу кезінде күрделі полиэфирлерді қолданды. Аквапол 11 және аквапол 12 үшін полифуриттер қолданылды. Өндірушілер тізбекті ұзартқыш ретінде этилендиаминді қолданды.

Аквполдың айрықша ерекшелігі – тозуға төзімділігі жоғары жабындарды қалыптастыру мүмкіндігі. Алынған жабындар әр түрлі ортада тұрақты, бірнеше иілуге айтарлықтай төзімділікке және жоғары температурада жоғары адгезия қабілетіне ие. Аквапол өнімдерінің қасиеттері қолданылатын компоненттерге, қосымша функционалды қоспалардың болуына байланысты кең ауқымда өзгеруі мүмкін. Аквапол дисперсиялары пигментті басып шығару маталарында байланыстырушы және пленка түзуші ретінде пайдаланылуы мүмкін. 3-кестеде байланыстырғыш заттардың қолдану аясы мен сипаттамасы келтірілген, 4-кестеде қоюландырғыштардың сипаттамасы берілген.

Кесте 3

Байланыстырғыш заттар

Препараттың атауы	Қолдану және сипаттамасы
ПВА – поливинилацетатті эмульсия	Тоқыма материалдарын безендіруде қолданылады; pH=4,5-6; МемСТ 18992-80
Метазин-меламиннің (пента- және гексаметилолмеламиндердің) N-оксиметилді туындыларының метил эфирлерінің қоспасы	айқаспалы байланыс агенті; МемСТ 9255-76
Карбамол ГЛ – препарат на основе метилолированного производного гидроксиэтиленмочевины.	айқаспалы байланыс агенті; pH=5,0-6,5; ТУ 6-14-349-78
Tubicoat PUS иTubicoat RU 80 (CHT Bezema ф.)	Полиуретанді полимерлер. Тоқыма материалдарын безендіруде қолданылады
PolitexPU/38 – алифатикалық (CePolTex ф.).	Полиуретандін сулы дисперсиясы. pH=7-9. Тоқыма материалдарының соңғы әрлеуінде қолданылады.
HelizarinbinderET 95 – акрил қышқылының эфиріне негізделген (BASF ф.).	Сополимердің сулы дисперсиясы. pH=6,5-7. Тоқыма материалдарын безендіруде қолданылады.
Cassurit FF – формальдегидсіз (Clariant ф.)	Полиуретандардың тиімділігін жақсарту үшін айқаспалы байланыс агенті; pH=5
Фиксирер WB- N-метилольді термореактивті предконденсаті (Clariant ф.)	айқаспалы байланыс агенті; pH=7,5-8

Кесте 4

Қоюландырғыштар

Қоюландырғыш	Сипаттамасы
Ассоциативті уретанды қоюландырғыш Лапрол ДЗ (Макромер ф.)	pH=3,5-5,5; η=150-600 мПа·с
Кальций тұздарымен өзгертілген альгин қышқылы Манутекс RS	pH≈6; ГОСТ 4006-97
Акрил полимері Lutexal HEF (BASF ф.)	pH=5-6
Кері эмульсиядағы акрил сополимері Thickener N (CePolTex ф.)	pH= 7,5-9; η=1000-3000 мПа·с

Қоюландырғыштарды дайындау әртүрлі схемалар бойынша жүзеге асырылады. Акрил және полиуретанды қоюландырғыштардан жасалған қоюландырғыштар қоюландырғыштың сатылатын түріне су қосу арқылы жасалады. Затты сумен араластырған кезде, құрылымның толық біртектілігіне дейін қоспадағы қоюландырғыштың ісінуі үшін жеткілікті уақытты сақтау керек. Манутекс RS 4,5% сулы ерітінді ретінде дайындалады. t=60˚С дейін қыздыру кезінде белгілі технологияны қолданылады. 4,5% концентрацияда қоюландырғыш баспа құрамдарының қажетті реологиялық параметрлерін қамтамасыз етеді. Зертханалық жағдайда баспа композициялары келесі ретпен дайындалды. Қажетті мөлшерде қоюландырғышқа байланыстырғыш қосылды. Содан кейін байланыстырғыш агенті, жұмсартқыш және басқа ТКЗ. Осыдан кейін жатырдың құрамына пигмент қосылды. Жатыр баспа композициялары-әлсіз иісі бар ақ серпімді паста.

Реологиялық сипаттамаларды өлшеу әртүрлі сипаттағы қоюландырғыш және баспа композициялары осы сдысу жағдайында Брукфильд DV2T бағдарламаланатын вискозиметрінде жүргізілді.

Тоқыма материалын басып шығару әдістемесі. Басып шығару торлы шаблондардың көмегімен жүзеге асырылды. Баспа құрамы ракляның екі өткелімен қолданылды. Суреттерді тоқыма бұйымдарына бекіту үшін кептіру құрылғылары қолданылады. Жуудың және тозудың кез-келген түріне төзімді бояуларды түпкілікті бекіту үшін жұмыста инфрақызыл кептіру құрылғысы қолданылды. Өңдеудің әртүрлі температуралық режимдері қолданылды. Пигментті басып шығару кезінде жуу операциясы байланыстырғыш заттардың көмегімен бояғыштардың 100% бекітілуіне байланысты алынып тасталады.

Әдебиетке шолу. Пигментті басып шығару әдебиеттерінде байланыстырушы агенттің гидрофильді-липофильді қасиеттерінің акрилат латексі мен оның пленкасының қасиеттеріне әсері қарастырылған [10]. Пленканың түзілу жылдамдығы байланыстырушы агенттердің гидрофильді-липофильді қасиеттерімен тығыз байланысты екендігі көрсетілген. Латекс пленкасының созылу кезіндегі айқаспалы байланыс дәрежесі мен қасиеттері әдетте айқаспалы байланыс агенттерінің айқаспалы топтарына және олардың реакциялық қабілетіне байланысты. Мақта маталарын пигментті басып шығару үшін байланыстырғыш ретінде полиуретанды винил ацетатты акрилат эмульсияларын синтездеудің жаңа жолы қарастырылды [11]. Бұл терполимерлер үйкелеске төзімділік, түс тұрақтылығы және жууға төзімділік тұрғысынан текстиль пигментті басып шығару үшін байланыстырғыш ретінде қасиеттердің жақсарғанын көрсетті. Пигментті басып шығару үшін ПЭ-30 негізіндегі жаңа гибридті байланыстырғыш WPA синтезі жүргізілді

[12]. Кейбір механикалық сипаттамалар мен эмульсиялардың еріткіштерге төзімділігі зерттелді. Алынған эмульсияны байланыстырғыш ретінде ескере отырып дайындалған пигмент негізіндегі бояуларды қолдану басылған маталарды өңдеудің жақсы түсіне төзімділігін, тұрақтылығын және ыңғайлылығын көрсетті. Акрил-полиуретанды эмульсияны текстиль үшін сиялы пигментті бояуларға байланыстырғыш ретінде дайындау мәселелері қарастырылды [13]. Нәтижелер су акрил-полиуретанды эмульсияларды текстиль басып шығаруда су пигментті бояулары үшін қауіпсіз пайдалануға болатынын көрсетті. [14] жұмыста төмен температуралы өздігінен байланысатын полиакрилатты байланыстырғыштың синтезі қарастырылады. Өзін-өзі тігу формальдегидті шығармай, төмен өңдеу температурасында жүреді. Байланыстырғыштың құрылымы жақсы пленка түзетін қасиеттері бар әсер алуға мүмкіндік береді, басып шығару процесінде шаблон торының бітелуін болдырмайды және текстиль бұйымдарының жұмсақ құрылымын алуға көмектеседі. Мақта маталарын пигментті басып шығару үшін байланыстырушы ретінде эпоксиакрилатты сополимер/нано кремнезем қолдану [15] жұмыста қарастырылған. Қолдану нәтижелері кремний қышқылының золімен тұрақтандырылған эмульсия беттік белсенді затсыз пигментті басып шығару үшін байланыстырғыш ретінде жақсы жұмыс істейтінін көрсетті. Ылғал және сабынды өңдеу кезінде үйкелеске төзімділігі жақсарды. Нанокератин негізіндегі байланыстырғышты қолданатын пигментті басып шығарудың жаңа тәсілі [16] жұмыста қарастырылған. Бұл препаратты текстиль пигментті басып шығаруда биологиялық ыдырайтын, экологиялық таза және салыстырмалы түрде арзан байланыстырғыш ретінде пайдалану мәселесі қарастырылды. Қолданылатын байланыстырғыштың иілу кезінде басылған маталардың қаттылығына әсері зерттелді. Мақта матаға пигментті басып шығару процесі үшін байланыстырғыш ретінде глицидилметакрилат және акрил қышқылының микроэмульсиялық сополимері пайдаланылды [17]. Дайындалған сополимерлі латексте 35-74 нм нанобөлшектер бар және жоғары физика-механикалық қасиеттерді көрсетті. Латексті қолданған кезде трафаретті басып шығару қолданылады, ал басылымдар кептіріліп, термиялық өңделді.Қатаюдың оңтайлы өңдеу шарттары анықталды, басылымдардың қаттылығы, олардың түске төзімділігі және жарыққа, жууға, тер әсеріне және жарылуға төзімділігі бағаланды. Полиакрилат латексімен модификацияланған құрамында гидроксил бар диметилсилоксанды матаға пигментті басып шығару үшін жаңа байланыстырғыш ретінде қолдану [18] жұмыста қарастырылған. Ядросының қабық бөлшектерінің құрылымы мен мөлшері трансмиссиялық электронды микроскопия, наноөлшемді түйіршікті талдау және дифференциалды сканерлеу калориметриясы арқылы сипатталды. Латекс маталарға пигментті басып шығаруда байланыстырғыш ретінде қолданылған. Стирол-акрил байланыстырғыштары туралы мәліметтер және оларды мақта және полиэфир маталарын пигментті басып шығару кезінде қолдану келтірілген [19]. Синтетикалық қоюландырғыш, эмульгатор, стирол-акрил байланыстырғыштары бар баспа бояуы мақта және полиэфир маталарына экранды басып шығару әдісімен жағылды, кептірілді және әртүрлі температурада термиялық өңдеуден өтті. Алынған іздердің сипаттамалары бағаланды, оның ішінде түстердің құрғақ/дымқыл жууға және тозуға төзімділігі, сондай-ақ матаның қаттылығы. Матаның түріне қарамастан, стирол метилметакрилат негізінде басылған үлгілер үшін ең жақсы нәтижелер алынды. [20] жұмыста пигментті басып шығаруға арналған жаңа

полимерлер-байланыстырғыш қарастырылған. Сулы полиуретанды иономерлердің пигментті баспа құрамдары үшін балама байланыстырғыш ретіндегі қасиеттерін кешенді зерттеу жүргізілді. Осының негізінде мыналар анықталды: полимерде иондық топтың болуы байланыстырғыштың полимерлі пленкаларына және пигментті баспа бояуларына жаңа қасиеттерді береді. Бұл авторларға полиуретанды иономерлер негізінде ұзақ сақтау мерзімі бар шағын компонентті баспа композицияларын жасауға мүмкіндік берді. Олар пигменттердің әртүрлі типтегі талшықты субстраттарға тиімді бекітілуін қамтамасыз етеді және олар жуу кезінде баспа жабдықтарынан оңай шығарылады. Жұмыста ББЗ қатысуымен синтезделген полиуретандар, сондай-ақ тізбектегі аниондық және катиондық орталықтары бар өздігінен дисперсияланатын полимерлер зерттелді. Полимерлер сонымен қатар қатты сегменттің түрімен (диизоцианаттар), макромолекуладағы иондық топтың орналасуымен (ұзартқышта және қатты сегментте), анион орталығының түрімен ($-COO^-$, $-SO^{-3}$), олардың концентрациясымен, тізбек ұзартқышының сипатымен ерекшеленді. ПУ иономерлерінің қасиеттерін талдау пленка түзетін қосылыстардың осы класы негізінде пигментті баспа композицияларын қолданумен қатар жүретін бірқатар мәселелерді шешуге болатындығын көрсетті.

Негізінен пленка түзетін байланыстырғыш ретінде полимерлердің үш тобы қолданылады: акрилат, бутадиен және полиуретан негізіндегі. Сонымен қатар, авторлар аталған алғашқы екі полимердің қасиеттерін кеңінен сипаттайды, ал полиуретандар туралы ақпарат аз және оның негізінде полимерлі пленкаларды бекітудің төмен температуралық режимінде басып шығарудың жоғары сапасы және препараттардың қымбаттығы туралы бірнеше тезистерді қамтиды. Полимердің бұл түрін зерттеу деректері бар, бірақ негізінен жүйеленбеген және жеке ғылыми әзірлемелер болып табылады. Себебі, полиуретандар байланыстырғыштардың жаңа класы болып табылады және ол өндіріске әлі де жеткілікті түрде енгізілмеген, сонымен қатар отандық препараттардың болмауына байланысты.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Шетелдік аналогтардың орнына баспа композицияларында жаңа препараттарды қолдану тиімділігін таңдау және талдау импортты алмастырудың өзекті міндеті болып табылады. Таңдалған дисперсиялар бұрын пигментті басып шығаруда пайдаланылмаған. Осыған байланысты олардың байланыстырғыш ретінде жарамдылығын бағалау, пигменттік құрамдағы негізгі компоненттердің оңтайлы комбинацияларын анықтау және оларды пайдалану тиімділігін бағалау қызығушылық тудырады. Басылымдардың физика-механикалық әсерлерге төзімділігін, басылған матаның қаттылығын, пленкалардың органолептикалық қасиеттерін бағалау қажет.

Аквапол 11, 12, 15, 21, 23, сондай-ақ Lutexal HEF қоюландырғышы негізінде композициялар дайындалған. Басу композицияларды дайындау үшін негізгі компоненттердің концентрациясын таңдауға жеке көзқарас қажет. 5-кестеде акваполдардың қаситтері көрсетілген.

Кесте 5

Акваполдар қасиеттері

Аквапол	Қабықшалардың көрінісі	Құрғақ заттың массалық өлшемі, %	pH	25˚С-ғы динамикалық тұтқырлық, мПа·с
11 хош иісті	Мөлдір, жылтыр, жұмсақ	40	7,43	27,1
12 алифаттық	Мөлдір, жылтыр, жұмсақ	30,29	8,07	16,4
15 алифаттық	Мөлдір, жылтыр, жұмсақ	40	7,8	16,0
21 алифаттық	Мөлдір, жылтыр	30,19	7,82	7,1
23 хош иісті	Мөлдір, жұмсақ	30	8,15	6,9

Жүйелердің динамикалық тұтқырлық мәндеріне сүйене отырып, ең тұтқыр полимер Аквапол 11 екені анық. Қалғандары азды-көпті бірдей. Сондықтан пигментке қатысты байланыстырғыштың ұсынылған мөлшерімен сулы пигменттік композициялармен мақта матасын басудан шығаруды жүзеге асыру ұсынылады. Бұл ретте қоюлатқыштың оңтайлы мөлшері сақталады. Осы кезеңдегі басып шығару композициялар басқа текстилді-көмекші заттарды (ТКЗ) қамтымайды.

Қолданылатын композицияның рецепті, г/кг:

Пигмент……... 30

Байланыстырғыш зат …….....150

Қоюландырғыш

Аквапол 11 үшін……...….....10

Акваполдар 12,15,21,23 үшін.....15

Су …….....1000 дейін

Басылған үлгілерді термиялық өңдеу 150°С температурада 3 минут бойы жүргізілді. Байланыстыру қасиеттерін бағалаудың негізгі критерийі құрғақ, ылғалды үйкеліске және жууға төзімділік көрсеткіштері болды. 6-кестеде сулы полиуретанды дисперсияларды пайдалану кезіндегі түс тұрақтылығы көрсетілген.

Кесте 6

Сулы полиуретанды дисперсияларды пайдалану кезіндегі түс тұрақтылығы

Басып шығару сапасының көрсеткіштері	Полиуретандардың сулы дисперсиялары				
	Аквапол 11	Аквапол 12	Авкапол 15	Аквапол 21	Аквапол 23
Құрғақ үйкеліс	4-5	4	4-5	4	4
Ылғалды үйкеліс	4-5	3	4-5	3	3
60°С-та №3 жуу	5/4	3/3	5/4	3/3	3/3

Аквапол 12, 21 негізіндегі композициялардың басып шығарулары үйкеліс пен ылғалды өңдеуге тұрақсыз болып шықты. Мүмкін, полимерлер физика-механикалық әсерлерге тұрақсыз тым жұқа және қатты қабықшалар түзеді. Мұны келесідей түсіндіруге болады: байланыстырғыш полимерге қоспаларды енгізу қабықшалардың субстратқа адгезиясын азайтуы мүмкін. Сондай-ақ, мұндай дисперсияларда изоцианаттар топтарының аз мөлшері материалдың беті мен қабықшамен толтырылған дисперсия арасындағы

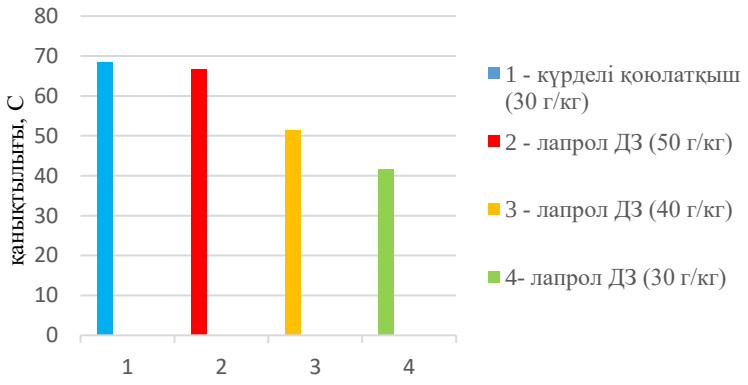
байланыстардың жеткіліксіз концентрациясын түзуі мүмкін. Аквапол 23 дисперсиясы тым жұмсақ, пластикалық пленка құрайды, ол да жеткілікті жақсы түс тұрақтылығы сипаттамаларына ие емес.

Сулы пигменттік бояудың зерттелген құрамы, оның ішінде г/кг: пигмент – 40; байланыстырғыш (Аквапол 12, 21, 23) – 150; қоюлатқыш (Lutexal HEF) – 10 (15); су – 1000 дейін – басылған үлгілердің беріктігін арттыру үшін жақсартуды қажет етеді. Аквапол 11 және 15 үшін түстердің тұрақтылығын жоғарлату қажет емес. Олардың негізінде жасалған пигменттік композициялар өнімділігі жағынан пигментті басып шығарудағы байланыстырғыштарға қойылатын талаптарды көпшілігімен қанағаттандырады.

Басып шығарудың технологиялық процесін жүргізудің маңызды шарттарының бірі басылған бұйымдарды кептірудің оңтайлы температуралық режимін таңдау болып табылады. Шаблонды басып шығару кезінде бояудың беткі қабатын полимерлеу үшін аралық кептіргіштер қолданылады. Бұл алдыңғы қабаттарды ластамай, келесі түрлі-түсті қабаттарды салуға мүмкіндік береді. Соңғы бекіту құрғақ ыстық ауа ортасында жүреді. Тек аралық кептіргішпен пайдалану мүмкін емес, өйткені ол ұзақ уақыт бойы температураның тұрақтылығын қамтамасыз етпейді. Қарастырылып отырған пигментті композициялардың негізгі байланыстырушы компоненті полиуретанды дисперсиялар болып табылады. Полиуретан негізіндегі баспа пасталарының пленкалары салыстырмалы түрде төмен температурада (шамамен 110°С) бекітіледі. Пленкалардың механикалық беріктігі басылған композициясы бар тоқыма материалының бекіту температурасына байланысты. Басып шығару сапасын бағалау критерийлері болып бояулардың үйкеліс пен жууға төзімділігін тұрақтылығы таңдалды. Барлық үлгілерді өңдеу уақыты 3-тен 5 минутқа дейін болды.

Ешқандай жеке полимерді пигментті басып шығару үшін тамаша қоюландырғыш ретінде пайдалануға болмайды. Тоқыма материалдарына арналған технологиялық және сапалы жабындарды жасау бірдей немесе табиғаты әртүрлі полимерлерден жасалған композициялар негізінде мүмкін болады.

Жұмыста модификацияланған альгинатты қоюландырғыш Манутекс RS және полиуретанды Лапрол ДЗ қолданылады. Манутекс RS – кальций тұздары бар натрий альгинатының модификациясының өнімі. Оның қоюлатқыш қабілеті өте жоғары.



Сурет 1. Манутекс RS – Лапрол ДЗ комплексті қоюландырғышты қолдана отырып, Аквапол 11 үшін түс қанықтылығының өзгеруі

Қорытынды. Импортталған полиуретанды пленка түзетін полимерлер мен пигментті басып шығаруға арналған акрил байланыстырғыштар негізінде композициялардың баспа-техникалық қасиеттерін салыстырмалы талдау негізінде жұмсақ грифі бар және басқа да қосымша қасиеттерге ие берік және қарқынды басып шығарулар алуға болатын полиуретандар класын қолдану перспективасы негізделген.

Пигментті басып шығаруда байланыстырғыш ретінде ең тиімді пленка түзетін полиуретанды дисперсияларды іріктеу жүргізілді. Аквапол 12, 21, 23 маркаларын пайдалану кезінде қосымша байланыстырушы агенттердің компоненттердің үйлесімділігіне, олардың мата жұмсақтығына және басып шығарудың беріктігіне әсер етуінің концентрациялық тәуелділігі анықталды.

Басып шығарудың колористикалық көрсеткіштері полиуретанды дисперсияларды қолдану бояудың жоғары қарқындылығына қол жеткізуге, кейбір жағдайларда дәстүрлі байланыстырғыштардың жұмысын жақсартуға мүмкіндік беретіндігін көрсетті.

Комплексті қоюландырғыштарды қолдану арқылы әзірленген баспа композицияларының ұсынылған рецептуралары жетілдірілді. Модификацияланған альгинат негізіндегі қоюландырғыштар уретанды Лапрол ДЗ қоюландырғышымен үйлесімді және оңтайлы арақатынаста (10:1) басылған материалдардың жұмсақ грифін алуды қамтамасыз ететіні анықталды, бұл микроскопия әдістерімен расталған.

Әдебиеттер тізімі

1. Burkinshaw, S.M. Physico-chemical aspects of textile coloration. – John Wiley & Sons, 2016.
2. Elshemy N. S., Haggage K., El-Sayed H. A critique on synthesis and application of binders in textiles pigment printing //Egyptian Journal of Chemistry. – 2022. – Vol. 65. – No. 9. – P. 539-549.
3. Gao D. et al. “Soft” polymer latexes stabilized by a mixture of zinc oxide nanoparticles and polymerizable surfactants: Binders for pigment printing //Progress in Organic Coatings. – 2016. – Vol. 101. – P. 262-269.
4. El-Shemy N. et al. Synthesis and applications of nano binder based on plant oils //Journal of natural fibers. – 2017. – Vol. 14. – No. 1. – P. 10-25.
5. Касымова Г.А. Особенности печатания текстильных материалов пигментами и возможность влияния изменения поверхности волокна на результаты печатания [Текст] / Г.А. Касымова, К.И. Баданов, А.К. Баданова, Т. Тогатаев, Д.С. Набиев, Ш. Бейсенбаева //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – №. 1. – С. 223-229.
6. Badanov K.I., Badanov I.K, Badanova R.R.. Kasimova G.A., Tulendieva G.O., Rakhmanova J.S. Features of printing textile materials with pigments and the use of water dispersions of synthetic copolymers // [?].
7. Kasymova G.A., Badanov K.I., Badanov I.K., Makhanbetaliyeva K.T., Badanova R.B., Togatayev T.T., Kalmakhanova M.S. New dispersions for pigment printing binders in the manufacture of light industry goods //The Journal of The Textile Institute. – 2024. – Vol. 115. – No. 10. – P. 2020-2030.
8. Мищенко А.В. Вопросы химии и химической технологии [Текст] / А.В. Мищенко, Е.В. Мищенко, Е.А. Венгер, Д.С. Качук, Т.А. Поповых // [?]. – 2019. – № 5. – С. 84-92.
9. Kabir S. M. M., Kim S. D., Koh J. Application of jackfruit latex gum as an eco-friendly binder to pigment printing //Fibers and Polymers. – 2018. – Vol. 19. – P. 2365-2371.
10. Wu M. H. et al. Influence of the hydrophile-lipophile property of cross-linker on the properties of acrylate latex and its film //Advanced Materials Research. – 2012. – Vol. 441. – P. 466-472.

11. Abdel-Wakil W. et al. A new route for synthesis of polyurethanevinyl acetate acrylate emulsions as binders for pigment printing of cotton fabrics //Egyptian Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 63. – No. 3. – P. 1063-1073.
12. Zhang J. et al. Synthesis of core–shell acrylic–polyurethane hybrid latex as binder of aqueous pigment inks for digital inkjet printing //Progress in natural science: materials international. – 2012. – Vol. 22. – No. 1. – P. 71-78.
13. Zhang, J., Li, X., Wang, X. ICAFPM // Proceedings of 2011 International Conference on Advanced Fibers and Polymer Materials, 2011. – P. 59-61.
14. Zhang X. et al. Synthesis of a low-temperature self-crosslinking polyacrylate binder with a core-shell structure and its application in textile pigment printing //Coloration Technology. – 2018. – Vol. 134. – No. 4. – P. 299-307.
15. Gao, D., Chang, R., Lyu, B., Ma, J., Duan, X. [?] //Applied Surface Science. – 2018. – Vol. 435. – P. 195-202.
16. Taleb, M.A., Haggag, K., Mostafa, T.B., Abou El-Kheir, A., El-Sayed, H. [?] // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – 2018. – Vol. 43(1). – P. 83-91.
17. Haggag, K., Abd El-Ghaffar, M.A., Kantouch, F.A., Ramadan, A.A., Mahmoud, Z.M. [?] // Journal of Applied Sciences Research. – 2012. – Vol. 8(10). – P. 5169-5176.
18. Jiang X. et al. Synthesis of the hydroxyl-containing poly (dimethyl siloxane) modified polyacrylate core-shell latex and the application as a novel binder for pigment printing of fabric //Journal of dispersion science and technology. – 2011. – Vol. 32. – No. 9. – P. 1266-1272.
19. Najafi, H., Yazdanshenas, M.E., Rashidi, A., Montazer, M. [?] // Asian Journal of Chemistry. – 2009. – Vol. 21(6). – P. 4871-4880.
20. Kachuk D. et al. Increasing the hydrolytic stability of the films of polyurethane ionomers used for pigment colorings. – 2019.

Материал редакцияға 26.12.24 түсті, 30.01.25 қабылданды.

Г.А. Касымова[1], К.И. Баданов[1], Т. Тогатаев[2], И.К. Баданов[3], Ж.С. Рахманова[1], Р.Р. Баданова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[3]Сатпаев Университет, г. Алматы, Казахстан

СПЕЦИФИКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПИГМЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОПОЛИМЕРОВ

Аннотация. В работе проведено исследование возможности применения водных полиуретановых дисперсий в качестве связующих в пигментной печати. Нами впервые используются новые композиции на основе полиуретановых дисперсий, используемых в качестве связующих. Это позволит расширить ассортимент загустителей за счет использования полиуретановых дисперсий. Они обеспечивают получение при низкотемпературной обработке прочных и эластичных полимерных пленок. Такие дисперсии являются экологически чистыми продуктами, так как не применяются токсичные растворители. Нами предлагается к использованию в качестве реологического модификатора новые полиуретановые загустители в составах с полиуретановыми дисперсиями. Использованные дисперсии способны образовывать мягкую и пластичную плёнку. Новые связующие на основе полиуретановых дисперсий позволяют создавать эффективные в применении печатные композиции, улучшить качество отпечатков, придать улучшенные эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: пигмент, полиуретан, дисперсия, пленка, загуститель, композиция.

G.A. Kasymova[1], K.I. Badanov[1], T. Togataev[2],
I.K. Badanov[3], J.S. Rakhmanova[1], R.R. Badanova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[3]Satpayev University, Almaty, Kazakhstan

FEATURE OF THE TECHNOLOGY OF PRINTING SYNTHETIC COPOLYMERS ON TEXTILES WITH PIGMENTS BASED ON WATER DISPERSION

Abstract. The paper investigates the possibility of using aqueous polyurethane dispersions as binders in pigment printing. For the first time, we are using new compositions based on polyurethane dispersions used as binders. This will expand the range of thickeners through the use of polyurethane dispersions. They ensure the production of durable and elastic polymer films during low-temperature processing. Such dispersions are environmentally friendly products, as no toxic solvents are used. We propose to use new polyurethane thickeners in formulations with polyurethane dispersions as a rheological modifier. The used dispersions are capable of forming a soft and plastic film. New binders based on polyurethane dispersions make it possible to create effective printing compositions, improve the quality of prints, and give improved performance properties.

Keywords: pigment, polyurethane, dispersion, film, thickener, composition.

References

1. Burkinshaw, S.M. Physico-chemical aspects of textile coloration. – John Wiley & Sons, 2016.
2. Elshemy N. S., Haggage K., El-Sayed H. A critique on synthesis and application of binders in textiles pigment printing //Egyptian Journal of Chemistry. – 2022. – Vol. 65. – No. 9. – P. 539-549.
3. Gao D. et al. “Soft” polymer latexes stabilized by a mixture of zinc oxide nanoparticles and polymerizable surfactants: Binders for pigment printing //Progress in Organic Coatings. – 2016. – Vol. 101. – P. 262-269.
4. El-Shemy N. et al. Synthesis and applications of nano binder based on plant oils //Journal of natural fibers. – 2017. – Vol. 14. – No. 1. – P. 10-25.
5. Kasymova G.A., Badanov K.I., Badanova A.K., Togatayev T., Nabiyev D.S., Beysenbayeva SH. Osobennosti pechataniya tekstil'nykh materialov pigmentami i vozmozhnost' vliyaniya izmeneniya poverkhnosti volokna na rezul'taty pechataniya [Features of printing textile materials with pigments and the possibility of influencing changes in the fiber surface on the printing results] / G.A. Kasymova, //Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – No. 1. – P. 223-229. [in Russian].
6. Badanov K.I., Badanov I.K, Badanova R.R.. Kasimova G.A., Tulendieva G.O., Rakhmanova J.S. Features of printing textile materials with pigments and the use of water dispersions of synthetic copolymers // [?].
7. Kasymova G.A., Badanov K.I., Badanov I.K., Makhanbetaliyeva K.T., Badanova R.B., Togatayev T.T., Kalmakhanova M.S. New dispersions for pigment printing binders in the manufacture of light industry goods //The Journal of The Textile Institute. – 2024. – Vol. 115. – No. 10. – P. 2020-2030.
8. Mishchenko A.V., Mishchenko Ye.V., Venger Ye.A., Kachuk D.S., Popovykh T.A. Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii [Issues of chemistry and chemical technology] // [?]. – 2019. – No. 5. – P. 84-92. [in Russian].
9. Kabir S. M. M., Kim S. D., Koh J. Application of jackfruit latex gum as an eco-friendly binder to pigment printing //Fibers and Polymers. – 2018. – Vol. 19. – P. 2365-2371.

10. Wu M. H. et al. Influence of the hydrophile-lipophile property of cross-linker on the properties of acrylate latex and its film //Advanced Materials Research. – 2012. – Vol. 441. – P. 466-472.
11. Abdel-Wakil W. et al. A new route for synthesis of polyurethanevinyl acetate acrylate emulsions as binders for pigment printing of cotton fabrics //Egyptian Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 63. – No. 3. – P. 1063-1073.
12. Zhang J. et al. Synthesis of core–shell acrylic–polyurethane hybrid latex as binder of aqueous pigment inks for digital inkjet printing //Progress in natural science: materials international. – 2012. – Vol. 22. – No. 1. – P. 71-78.
13. Zhang, J., Li, X., Wang, X. ICAFPM // Proceedings of 2011 International Conference on Advanced Fibers and Polymer Materials, 2011. – P. 59-61.
14. Zhang X. et al. Synthesis of a low-temperature self-crosslinking polyacrylate binder with a core-shell structure and its application in textile pigment printing //Coloration Technology. – 2018. – Vol. 134. – No. 4. – P. 299-307.
15. Gao, D., Chang, R., Lyu, B., Ma, J., Duan, X. [?] //Applied Surface Science. – 2018. – Vol. 435. – P. 195-202.
16. Taleb, M.A., Haggag, K., Mostafa, T.B., Abou El-Kheir, A., El-Sayed, H. [?] // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – 2018. – Vol. 43(1). – P. 83-91.
17. Haggag, K., Abd El-Ghaffar, M.A., Kantouch, F.A., Ramadan, A.A., Mahmoud, Z.M. [?] // Journal of Applied Sciences Research. – 2012. – Vol. 8(10). – P. 5169-5176.
18. Jiang X. et al. Synthesis of the hydroxyl-containing poly (dimethyl siloxane) modified polyacrylate core-shell latex and the application as a novel binder for pigment printing of fabric //Journal of dispersion science and technology. – 2011. – Vol. 32. – No. 9. – P. 1266-1272.
19. Najafi, H., Yazdanshenas, M.E., Rashidi, A., Montazer, M. [?] // Asian Journal of Chemistry. – 2009. – Vol. 21(6). – P. 4871-4880.
20. Kachuk D. et al. Increasing the hydrolytic stability of the films of polyurethane ionomers used for pigment colorings. – 2019.

ҒТАМР 64.29.23

К.И. Баданов[1] – *негізгі автор*,
Т. Тогатаев[2], Г.А. Касымова[3], И.К. Баданов[4], Ж.С. Рахманова[5], У.Е. Манапбаева[6], Р.Р. Баданова[7]

©

[1]Техн.ғылым.канд., профессор, [2,5]Техн.ғылым.канд., доцент, [3,4,6]Докторант, [7]Аға оқытушы

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0003-1603-0717 [2]https://orcid.org/0000-0002-0547-9052
[3]https://orcid.org/0000-0001-9165-9027 [5]https://orcid.org/0000-0003-4490-2404
[6]https://orcid.org/0009-0006-8829-207X [7]https://orcid.org/0000-0002-1170-923X

[1,3,5,6,7]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[4]Сәтбаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]kenzebad@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SXVQ2828

ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫН ПИГМЕНТТІ БАСЫП ШЫҒАРУДАҒЫ БАСПА КОМПОЗИЦИЯЛАРЫНЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Аңдатпа. Басылған үлгінің сапасы баспа бояуларының реологиялық сипаттамаларымен анықталады. Жүйелердің реологиялық қасиеттерін зерттеу негізінде әртүрлі табиғаттағы қоюландырғыштармен зерттелетін дисперсиялардың оңтайлы арақатынастарын таңдауға болады. Бұл пигменттік композицияларды жасау кезінде қымбат импорттық аналогтардың орнына осы полиуретанды қосылыстарды пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл байланыстырғыштардың және әрлеу зауыттарында қолданылатын импорттық қоюлатқыштардың үйлесімділігін растау қажет.

Тірек сөздер: пигмент, полиуретан, дисперсия, пленка, қоюландырғыш, композиция.

Баданов, К.И. Текстиль материалдарын пигментті басып шығарудағы баспа композицияларының реологиялық көрсеткіштері [Мәтін] / К.И. Баданов, Т. Тогатаев, Г.А. Касымова, И.К. Баданов, Ж.С. Рахманова, У.Е. Манапбаева, Р.Р. Баданова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.393-400. https://doi.org/10.55956/SXVQ2828

Кіріспе. Пигментті басып шығаруда белгілі бір проблемалар бар. Олар отандық шикізатты шектеулі қолданумен байланысты. Баспа бояуларының ассортиментін кеңейту текстиль бұйымдарын түпнұсқа көркемдік-колористикалық безендірумен және заманауи баспа жабдықтарын қолданумен аз тиражды шығару қажеттіліктерін өтейді. Қазақстан мен ТМД текстиль кәсіпорындары шетелдік өндірістің текстиль пигменттері мен композицияларын қолданады. Импортталған композициялар көп компонентті, 4-тен 8-ге дейін өнімді қамтиды.

Полиуретанды дисперсияларды қолдану арқылы қоюландырғыштардың ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. Олар төмен температурада өңдеу

кезінде берік және серпімді полимерлі пленкаларды алуды қамтамасыз етеді. Мұндай дисперсиялар экологиялық таза өнімдер болып табылады, өйткені улы еріткіштер қолданылмайды. Реологиялық модификатор ретінде полиуретанды дисперсиялары бар композицияларда жаңа полиуретанды қоюландырғыштарды қолдану ұсынылады. Бұл дисперсиялар жұмсақ және пластикалық пленканы қалыптастыруға қабілетті. Бұл пленка түзетін препараттардың пигментті басып шығаруда қолдануға жарамдылығын растайды. Полиуретанды дисперсияға негізделген жаңа байланыстырғыштар тиімді баспа композицияларын жасауға, басып шығару сапасын жақсартуға, жақсартылған өнімділік қасиеттерін беруге мүмкіндік береді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. «AZALA Textile» ЖШС (Шымкент қ.) 4744/1 бөз артикулының тазартылған, ағартылған мақта-мата матасы пайдаланылды. Пигментті басып шығаруда қолданылған материалдар:

– көк фталоцианин пигменті, қызыл пигмент;

– аквапол 11 және 15 полиуретанды су дисперсиялары;

– байланыстырушы және қосымша байланыстырушы агенттер: ПВА-поливинилацетат эмульсиясы, метазин, карбамол ГЛ;

– қоюландырғыш: манутекс RS. Манутекс RS қоюландырғышын 4,5% сулы ерітінді ретінде дайындалды (t= 60ºС дейін қыздырылған кезде). Баспа бояуын дайындау үшін қажетті мөлшерде қоюландырғыш, содан кейін ТКЗ (байланыстырушы агент, жұмсартқыш және т.б.), содан кейін бастапқы қою құрамға пигмент қосылды.

Басып шығару торлы шаблондармен жүргізілді. Бояу қабатын алдын-ала бекіту үшін аралық кептіргіштер қолданылды. Соңғы бекіту үшін - ИҚ құрылғысы. Бояудың үйкеліске төзімділігі ГОСТ 97733.27-83 «Бояудың үйкеліске төзімділігін сынау әдісі» бойынша бағаланды.

Әдебиетке шолу. Импорттық композицияларда байланыстырушы, пленка түзетін препараттар, сондай-ақ қоюландырғыштар бар. Қосымша катализаторлар, жұмсартқыштар және т.б. енгізіледі [1]. Зерттеу жұмысында [2] пигментті басып шығарудың маңыздылығы туралы айтылады. Пигментті басып шығару текстиль өнеркәсібінде оның төмен құны, ең аз өңдеу уақыты, экологиялық қауіпсіздігі үшін кеңінен қолданылады. Басып шығару әдісі және басып шығару үлгісінің дизайны матаның қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. [3] жұмыста өзгертілген экологиялық таза гуар сағыз полимері қолданылды. Қоюландырғыштар натрий альгинатымен салыстырғанда жақсартылған өнімділікті көрсетті. Ішінара ауыстырылған гуар сағызы түсі мен физикалық қасиеттеріне байланысты қолайлы нұсқа болып табылады. [4] жұмыста байланыстырғышсыз пигментті басып шығару қарастырылады. Бұл зерттеу фторсиликонмен модификацияланған полиакрилат пен пигменттердің гибридті латекстерінің сериясын синтездеді. Бір жіптің беті жоғары біріктіргішті гибридті пленкалармен біркелкі оралған. Бұл идеялар пигментті басып шығару технологиясын тиімді дамытуға мүмкіндік береді. Латекс джекфрут сағызын экологиялық таза байланыстырғыш ретінде қолдану [5] жұмыста қарастырылған. Құрамында джекфрут латекс сағызы бар аралас байланыстырғышты пайдалану адам денсаулығы мен қоршаған ортаға кері әсер ететін синтетикалық байланыстырғыштарды ауыстыруға мүмкіндік береді. [6] жұмыста байланыстырғыш ретінде винилацетат сополимерлерінің әртүрлі жүйелерімен акриламид негізіндегі полиуретанды иономерлерден тұратын жаңа биополимерлерді синтездеу мәселесі қарастырылды. Дайындалған эмульсиялар еріткіш негізіндегі жабындарды эмульсиялық

жабындарға арналған су негізіндегі байланыстырғыш ретінде алмастыра алады. [7] жұмыста байланыстырғыш ретінде полистирол қалдықтарын қолдана отырып, текстильді басып шығаруға арналған бояудың дамуы қарастырылды. [8] жұмыста байланыстырғыштың функциялары, сондай-ақ оның химиялық құрамы, синтезі, оның әсер ету тәсілі және пигменттің баспа текстиль бетіне бекітілу дәрежесіне әсері туралы кейбір даулы мәселелер келтірілген. [9] жұмыста полидиметилсилоксанмен өзгертілген жаңа полиуретан-акрил/ пигмент су негізіндегі гибридті эмульсиясы ұсынылған. Гибридті латексті қолдану нашар ауа өткізгіштік пен жұмсақтық мәселелерін болдырмады. Силикон-акрил қатынасының, сондай-ақ алкоксисиланның силикон компоненті мен циклдік силоксандардың гибридті латекс пленкалары мен полиэфир талшықтарының пигментті басып шығару қасиеттеріне әсерін зерттеу [10] жұмыста қарастырылды. [11] жұмыста фторсиликонмен модификацияланған полиакрилат пен пигменттің гибридті латексі қарастырылады. Бұл аз қаттылық пен жұмсақ жанасу сезімін, жақсы ауа өткізгіштік алуды және тамаша тозуға төзімділікті алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Текстиль материалында жоғары сапалы сурет шығару үшін барлық қажетті талаптарды қанағаттандыра алатын байланыстырғыштардың кең спектрінің болмауына байланысты пигментті басып шығару кейбір кемшіліктерге ие. Жақсы қабық түзетін, реологиялық және басқа қасиеттері бар полиуретанды туындылар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолданылады. Осыған байланысты, сулы полиуретанды дисперсияларды пигментті басып шығаруда байланыстырғыш ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу, сондай-ақ полимердің осы түрін қолдану арқылы қоюлатқыштардың ауқымын кеңейту қызығушылық тудырады.

BASF фирмасының (Германия) акрилді байланыстырғыш Helizarin ET95 негізіндегі және CHT Bezema фирмасының (Швейцария) Tubicoat PUS мен Tubicoat RU 80 полиуретанды полимерлеріне негізделген композицияларға салыстырмалы талдау жүргізілді. Өндірісте бұл полиуретанды полимерлер әрлеу аппреттері ретінде қолданылады.

BASF фирмасы ұсынған басып шығару бояу негізінде Helizarin ET95 байланыстырғышын Tubicoat PUS және Tubicoat RU80 байланыстырғыштарымен алмастыратын басып шығару композициялары дайындалды (1-кесте).

Кесте 1

Басып шығару композициялары

Акрил байланыстырғыш негізіндегі баспа композициясы, г/кг	Байланыстырғышты полиуретаға ауыстырылған баспа композиция, г/кг
Пигмент.....x	Пигмент.....x
Байланыстырғыш (Helizarin ET95).150	Байланыстырғыш (Tubicoat PUS/RU80).....150
Қоюлатқыш (Lutexal HEF)….....30	Қоюлатқыш (Lutexal HEF)…… 30
Жұмсартқыш (Вайхмахер HP).....15	Жұмсартқыш (Вайхмахер HP)….....15
Бекіткіш (Фиксирер WB….....15	Бекіткіш (Фиксирер WB)…….....15
Су...……..1000 дейін	Су....…….....….....1000 дейін

Дисперсияның тұтқырлығы маңызды параметр болып табылады. Тұтқырлық бойынша оны негізге қолдану әдісін анықтайды: щеткемен,

валикпен, бүркумен, трафаретпен. Тегіс, ақаусыз жабындарды алу үшін белгілі бір тұтқырлықтың дисперсиясын алу және оның реологиялық қасиеттерін білу қажет. Дисперсиялық ағынның сипаты бөлшектердің мөлшері мен пішінімен, бөлшектер арасындағы өзара әрекеттесумен, дисперсиялық ортаның тұтқырлығымен және дисперсиялық фазаның концентрациясымен анықталады. Сулы полиуретанды дисперсияларды қарастырғанда, олардың ағыны жұмсақ шарлардың ағынына ұқсас деп есептеледі. Бұл болжам сулы полиуретанды дисперсиялар негізінен сфералық бөлшектерден тұратынын көрсететін морфологиялық зерттеулерге негізделген. Бөлшектердің тар, бірақ монодисперсті емес таралуы бар және олардың ішінде аз мөлшерде су бар. Сулы полиуретанды дисперсиялар тұтқырлықтың бөлшектердің көлемдік үлесіне айқын тәуелділігіне ие. Полиуретанды дисперсиялардың тұтқырлығына ішкі эмульгатордың көлемі және дисперсиялық фазаның концентрациясы әсер етеді.

Баспа машинасының жұмысы кезінде басылған композициялардың ішкі құрылымдарының бұзылуы байқалады. Сонымен қатар пигментті қосу да әсер етеді. Осыған байланысты баспа композицияларының ішкі құрылымдарының бұзылу дәрежесін бағалау және пигментті енгізу арқылы осы құрылымдардағы өзгерістерді талдау мақсатында зерттелетін композициялар үшін реологиялық көрсеткіштері анықталып (6-кесте), реологиялық қисық сызықтар тұрғызылды (1, 2, 3-сурет).

Кесте 6

Басу композициялардың реологиялық көрсеткіштері

Байланыстырғыш	Пигмент концентрациясы	η, Па·с	P, %	m	τ
HelizarinET95 (BASF ф.)	0	20,07	87,01	0,43	108,36
	5	22,58	98,33	0,39	121,91
	30	22,85	98,65	0,39	123,41
Tubicoat RU80 (CHT Bezema ф.)	0	10,03	109,1	0,28	54,18
	5	17	112,46	0,28	91,81
	30	34,56	78,71	0,23	186,62
Tubicoat PUS (CHT Bezema ф.)	0	16,72	99,4	0,28	90,3
	5	17,84	105,96	0,28	96,32
	30	15,61	91,74	0,29	84,28

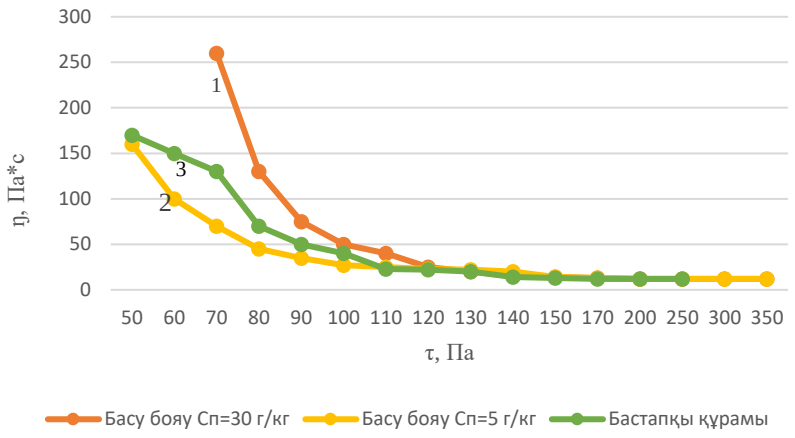
Негізгі құрамға пигмент қосылған сайын және оның концентрациясы жоғарылаған сайын композицияның тұтқырлығы артады және тиксотропты тотықсыздану дәрежесінде кейбір өзгерістер орын алады. Tubicoat RU80 композициясы үшін тиксотропия дәрежесі қарқындырақ төмендейді, бірақ пигментті басып шығару үшін қолайлы деңгейде (78%) қалады. Кейбір жүйелер үшін бұл көрсеткіш 100%-дан асады.

Бұл уақыт өте келе кернеудің «жинақталуы» нәтижесінде кері қозғалыс үшін тұтқырлығы артқан кезде композициялардың реопектикалық қасиеттері бар екенін көрсетеді. Бұл ерекшелік полиуретан қосылған композициялар үшін атап өтілді. Ол полимер макромолекуласында уретан топтарынан түзілген қатты сегменттердің болуымен түсіндіріледі.

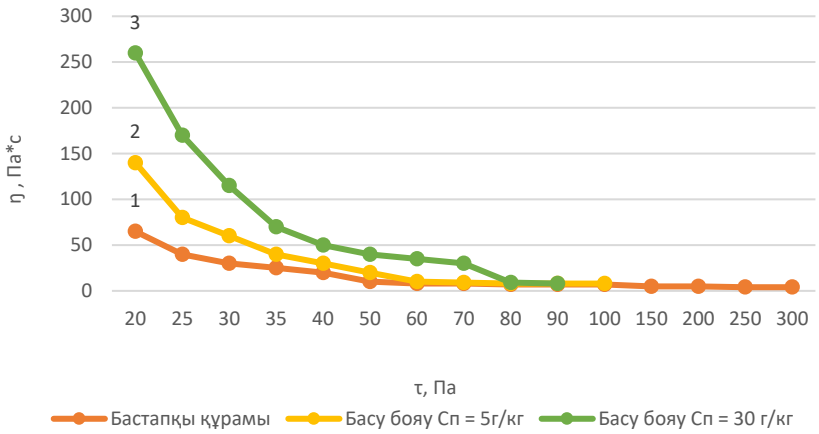
Пигментті қосқанда, барлық байланыстырғыштарға негізделген композициялар үшін ағын индексінің мәнінің шамалы өзгеруі байқалады. Ағынның индексі аномальды тұтқыр сұйықтықтың идеалды (ньютондық)

сұйықтықтан (m=1) ауытқуын сипаттайды. Қоюландырғыштар мен басып шығару бояулары сияқты құрылымдық жүйелер үшін ол әрқашан 1-ден төмен. Пигментті енгізу кезінде Tubicoat RU80 негізіндегі композицияның ағын индексінің мәні төмендейді. Жалпы алғанда, барлық жүйелер жоғары сапалы басып шығаруды қамтамасыз ететіндей құрылымдалған.

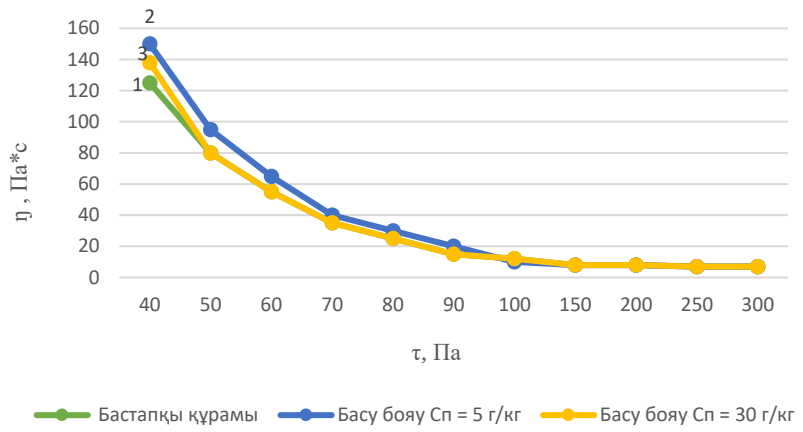
Барлық қоюландырғыштардың құрамында қоюлатқыш қатты заттардың бірдей мөлшері болды. Сонымен бірге олар бастапқы тұтқырлығымен және төмен ығысу жылдамдығымен ерекшеленеді. Зерттелетін композициялар үшін реологиялық қисық сызықтар салынды.



Сурет 1. Акрил байланыстырғыш негізіндегі композицияға арналған реологиялық қисықтар



Сурет 2. Акрилді байланыстырғышты Tubicoat RU80–мен ауыстыратын композицияға арналған реологиялық қисық сызықтар



Сурет 3. Акрилді байланыстырғышты Tubicoat PUS –пен ауыстыратын композицияға арналған реологиялық қисық сызықтар

Tubicoat PUS негізіндегі композицияның реологиялық қисықтары акрилді байланыстырғышқа негізделген композицияның реологиялық қисықтарының түрлеріне көбірек сәйкес келеді. Tubicoat RU 80 негізіндегі композициялар пигментті қосқанда олардың құрылымындағы өзгерістерге көбірек бейім. Бұл жағдайда толтырғыш концентрациясының жоғарылауымен тұтқырлық артады.

Жоғары ығысу жылдамдығында барлық композициялар псевдопластикалық жүйелер ретінде әрекет етеді, яғни ығысу кернеуінің жоғарылауымен динамикалық тұтқырлықтың заңдылықты төмендеуі байқалады. Графиктерде гистерезис ілмегі байқалмайды. Бұл механикалық кернеуді жойғаннан кейін жүйенің құрылымын жақсы тиксотропты қалпына келтіруді көрсетеді.

Қорытынды. Импортталған полиуретанды пленка түзетін полимерлер мен пигментті басып шығаруға арналған акрил байланыстырғыштар негізінде композициялардың баспа-техникалық қасиеттерін салыстырмалы талдау негізінде жұмсақ грифі бар және басқа да қосымша қасиеттерге ие берік және қарқынды басып шығарулар алуға болатын полиуретандар класын қолдану перспективасы негізделген.

Композициялар құрамындағы Аквапол 11 және 15 дисперсияларының реологиялық әрекеті комплексті бағалау негізінде басып шығарудың жоғары сапасын қамтамасыз ететін заманауи қоюландырғыш заттардың оңтайлы концентрациясы ұсынылады. Сақталған кезде жасалған композициялардың қасиеттерінің тұрақтылығы көрсетілген. Полиуретанды қоюландырғыштардың реологиялық әрекет ерекшелігі анықталды. Ол төменвигысу кернеулерінде тұтқырлықтың өсуімен сипатталады. Бұл жоғары жылдамдықта осындай қоюландырғыштармен жұмыс істеудің артықшылығын анықтайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Kasymova G.A., Badanov K.I., Badanov I.K., Makhanbetaliyeva K.T., Badanova R.B., Togatayev T.T., Nabiyev D.S., Kalmakhanova M.S New dispersions for pigment printing binders in the manufacture of light industry goods // Journal of the Textile Institute. – 2023.

2. Kiliç, R. Research into the effects of pigment printing parameters on sensorial comfort to guide garment designers in the apparel industry // Industria Textila. – 2023. – Vol. 74(3). – P. 310-320.
3. Khajeh Mehrizi, M., Jokar, M., Sadeghyan, T., Azizi, M.E., Rahmani, M.R. Modified guar gum: An alternative source for printing of cotton fabric with reactive dye // Coloration Technology. – 2023. – Vol. 139(4). – P. 385-394.
4. Lu, L., Duan, H., Li, J., Qi, D. Film-Formation and Binder-Free Pigment Printing of Fluorosilicone-Modified Polyacrylate/Pigment Hybrid Latex: Effect of Cross-Linking Degree // ACS Applied Polymer Materials. – 2023. – Vol. 5(3). – P. 1871-1881.
5. Kabir, S.M.M., Kim, S.D., Koh, J. Application of Jackfruit Latex Gum as an Eco-friendly Binder to Pigment Printing // Fibers and Polymers. – 2018. – Vol. 19(11). – P. 2365-2371.
6. Abdel-Wakil, W.S., Salama, T.M., Kamoun, E.A., El-Badry, Y.A., Fahmy, A. Waterborne nano-emulsions of polyvinyl acetate-polyurethane coatings containing different types of vinyl monomers: synthesis and characterization // Pigment and Resin Technology. – 2023. – Vol. 52(1). – P. 7-18.
7. Obele, C.M., Ugwu, S.C., Chukwuneke, J.L. Development of textile printing ink using expanded polystyrene waste as a binder // Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology. – 2023.
8. Elshemy, N.S., Haggage, K., El-Sayed, H. A Critique on Synthesis and Application of Binders in Textiles Pigment Printing // Egyptian Journal of Chemistry. – 2022. – Vol. 65(9). – P. 539-549.
9. Xie, Z., Yan, X., Li, J., Zhu, C., Qi, D. Pigment printing of polyester fabric using a single step synthesized PDMS-modified polyurethane-acrylic/pigment hybrid emulsion) // Textile Research Journal. – 2022. – Vol. 92(15-16). – P. 2818-2829.
10. Wang, F., Li, J., Lu, L., Qi, D., Chen, Z. One-step mini-emulsion copolymerisation of waterborne polysiloxane-modified polyacrylate/pigment hybrid latex and its application in textile pigment printing // Coloration Technology. – 2022. – Vol. 138(3). – P. 291-303.
11. Lu, L., Li, J., Wang, F., Li, X., Chen, Y. Fluorosilicone modified polyacrylate/pigment hybrid latex: Synthesis, properties, and application in binder-free pigment printing of polyester fabrics // Polymers for Advanced Technologies. – 2022. – Vol. 33(3). – P. 904-914.

Материал редакцияға 26.12.24 түсті, 31.01.25 қабылданды.

К.И. Баданов[1], Т. Тогатаев[2], Г.А. Касымова[1],
И.К. Баданов[3], Ж.С. Рахманова[1], У.Е. Манапбаева[1], Р.Р. Баданова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[3]Сатпаев Университет, г. Алматы, Казахстан

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕЧАТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПИГМЕНТНОЙ ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Качество печатного образца определяется реологическими характеристиками печатной краски. На основе изучения реологических свойств систем можно выбрать оптимальные соотношения исследуемых дисперсий с загустителями различной природы. Это позволяет использовать эти полиуретановые соединения вместо дорогих импортных аналогов при создании пигментных композиций. Необходимо подтвердить совместимость этих связующих и импортных загустителей, используемых на отделочных предприятиях.

Ключевые слова: пигмент, полиуретан, дисперсия, пленка, загуститель, композиция.

K.I. Badanov[1], T. Togataev[2], G.A. Kasymova[1], I.K. Badanov[3], J.S. Rakhmanova[1], U.E. Manapbayeva[1], R.R. Badanova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[3]Satpayev University, Almaty, Kazakhstan

RHEOLOGICAL PARAMETERS OF PRINTED COMPOSITIONS IN PIGMENT PRINTING OF TEXTILE MATERIALS

Abstract. The quality of the printed sample is determined by the rheological characteristics of the printing paints. Based on the study of the rheological properties of systems, it is possible to select the optimal ratios of the studied variances with thickeners of different nature. This makes it possible to use these polyurethane compounds instead of expensive imported counterparts when creating pigment compositions. It is necessary to confirm the compatibility of these binders and imported thickeners used in finishing plants.

Keywords: pigment, polyurethane, dispersion, film, thickener, composition.

ҒТАМР 64.41.09

А.К. Байдильдаева[1] – *негізгі автор*,
Г.Д. Тюркоглу[2], И.С. Джиембетова[3], Г.Б. Джумабекова[4], Б. Абзалбекұлы[5]

[1]Магистр, [2,3,4,5]PhD, доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-7996-646X [2]https://orcid.org/0000-0001-5809-0916 [3]https://orcid.org/0009-0002-9569-7500 [4]https://orcid.org/0000-0002-6375-3128 [5]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388*

[1,3,4,5]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Докуз Ейлюл университеті, Измир қ., Түркия

@ *[1]asel.baydildaeva.95@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/OTRW6921

ТАБАНДАРЫНЫҢ ПАТОЛОГИЯЛЫҚ АУЫТҚУЛАРЫ БАР АДАМДАРДЫҢ АЯҚ КИІМ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ АНТИМИКРОБТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Берілген мақалада микрокапсулдау технологиясы көмегімен алынған микрокапсулдар антимикробтық әсерін анықтау мақсатында екі әдіспен аяқ киім материалдарына жағылды. Микрокапсулдар лавр майы мен хитозан ерінтілерінен алынды. Лавр эфир майы өсімдік тектес табиғи материал болып табылады және құрамында бактерияға қарсы компоненттердің көп мөлшері бар. Хитозан да бактерияға қарсы зат ретінде, атап айтқанда антисептикалық материалдар ретінде қолданылды. Былғары мен аяқ киім астары материалдарына спрей және терең батыру әдістерімен жағылған микрокапсулдар Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 және Candida albicans ATCC 90028 бактерияларына қарсы зерттелді. Нәтижесінде антимикробтық ортаны қажет ететін табандардың патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киім материалдарында бактерия штаммдарына қарсы белсенділік анықталды.

Тірек сөздер: аяқ киім, табан, патология, лавр майы, антимикробтық қорғау.

Байдильдаева, А.К. Табандарының патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киім материалдарының антимикробтық қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / А.К. Байдильдаева, Г.Д. Тюркоглу, И.С. Джиембетова, Г.Б. Джумабекова, Б. Абзалбекұлы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.401-407. https://doi.org/10.55956/OTRW6921

Кіріспе. Күнделікті өмірде жиі қолданылатын бұйымдардың бірі – аяқ киім. Аяқ киім табанның патологиялық ауытқулары бар адамдардың өмір сүру сапасын жақсартатын қасиеттерге ие болуы маңызды болып табылады. Қазақстан Республикасындағы аяқ киім саласындағы жүргізілген зерттеулер дамуға кедергі келтіретін бірқатар мәселелер мен кедергілер бар екенін көрсетті. Оның бірі – кез-келген жастағы адамдарда табандарының патологиялық ауытқуы үшін қолайлы аяқ киім ортасын жасамауы. Табанның патологиясы балаларда туабіткен түрінде және ересектерде өмір сүру және

жұмыс жағдайларының әсерінен, жарақаттанудан, неврологиялық аурулар нәтижесінде пайда болуы мүмкін [1].

Жеңіл және орташа ауырлықтағы тері инфекциялары жиі байқалатын патология болып табылады. Патологиялық ақаулар аяқ киімдерде гигиеналық талаптарға сай ыңғайлы орта жасауды қажет етуде.

Аяқ киімнің сапасы гигиена мен денсаулық үшін маңызды болып келеді. Әсіресе адамның тірек-қимыл аппаратының қалыпты анатомиялық құрылымы мен жұмысынан ауытқуы кездесетін, патологиялық ауытқуы бар адамдарға жайлы аяқ киім ортасын құру маңызды болып келеді. Эфир майын (лавр) қолдану арқылы аяқ киімде бактерияға қарсы орта жасалады, өйткені ол өсімдік тектес табиғи материал және оның құрамында бактерияға қарсы компоненттердің көп мөлшері кездеседі [2]. Былғарыны және аяқ киім материалдарын микрокапсулдау технологиясын енгізу заманауи инновациялық көрсеткіштері бар бұйымдарды алуға мүмкіндік береді.

Микрокапсулдау технологиясы алғаш рет фармацевтика өнеркәсібінде шашыратып кептіру әдісінің кең қолдану мүмкіндігіне байланысты тартымды өндірістік процесс ретінде енгізілді. Қазіргі таңда, бұл технология текстиль, былғары, фармацевтика, тамақ өнеркәсібі және ауылшаруашылық салаларында қолданылады. Микрокапсулдау технологиясы бұл сұйықтықты немесе ерітіндіні сұйық күйден ыстық кептіру ортасында бүрку арқылы ұнтақ материалға айналдыру процессі. Микрокапсулдау әдістері әртүрлі өлшемдегі бөлшектерді алуға мүмкіндік береді – жүздеген микронға дейін. Микрокапсулдау технологиясы көмегімен табандық гиперкератоз, каллус, қант диабеті және т.б. секілді табандарының патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киімдеріне бактерияға қарсы қасиеттер енгізіледі [3].

Бұл технология ТМД мемлекеттерінде жеткілікті зерттелмеген, тек текстиль бағытына арналған зерттеулер кездеседі [4,5], және де патенттік зерттеу көрсеткендей Қазақстан Республикасының былғары-аяқ киім өнеркәсібінде қолданылмайды.

Бұл мақала микрокапсулдау технологиясы көмегімен алынған микрокапсулдарды материалдарға екі әдіспен жағып, оның патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киім материалдарында антимикробтық әсерін анықтауға мүмкіншілік берді.

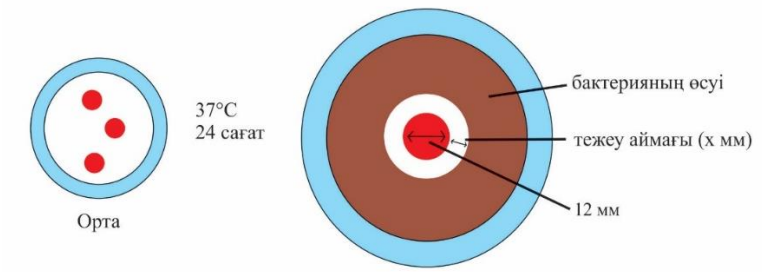
Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеуде микрокапсулдау технологиясын қолдана отырып лавр майы мен хитозан ертініділерінен алынған микрокапсулдар [6,7] аяқ киім былғарысы мен астар материалдарына антимикробтық қасиеттерін анықтау үшін жағылды.

Аяқ киімде бактерияға қарсы орта жасау үшін лавр эфир майы қолданылды. Лавр майы – Балқан түбегінде, Закавказьеде, Жерорта теңізі жағалауында, Англия, Түркияда және басқа елдерде өсетін асыл лаврдың (Laurus nobilis L.) жапырақтары мен сабақтарында болатын эфир майы. Берілген зерттеуде лавр майы Түркияда өндірілген Ephesus Spice & Essential Oil алынды.

Зерттеуде бактерицидтік қасиеті бар хитозан бактерияға қарсы зат ретінде, атап айтқанда антисептикалық материалдар ретінде қолданылады. Фунгицидтік қасиетке ие хитозанды енгізу былғарының тердің әсеріне төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Хитозан – хитинді деацетилдеу арқылы алынатын табиғи текті сорбент. Бактерияға қарсы, саңырауқұлаққа қарсы және вирусқа қарсы қасиеттері оларды аяқ саңырауқұлақтарының алдын алуда пайдалы етеді. Берілген зерттеуде хитозан Қытайда өндірілген Acros Organics алынды.

Зерттеу барысында микрокапсулдар Unopex B 15 Mini Spray Dryer құрылғысында жинақталды. Алынған микрокапсулдар былғары және астар материалдарына спрей және терең батыру әдістері арқылы жағылды.

Зерттеуде пайдаланылған -80°C температурада сақталған Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 штаммдары Мюллер-Хинтон агара (II) (MHA-II) ортада 37°C температурада 24 сағат ішінде өсірілді (1-сурет). Candida albicans ATCC 90028 Саборо декстроза агара (SDA) ортасында 37°C температурада 48 сағат инкубациялаудан кейін қайта тірілді. Ілмек арқылы микроорганизмдердің 2-3 колониясы таңдалып алынды және Макфарланд бойынша лайлану индексі 0,5 көрсеткішті 3 мл стерильді физиологиялық сарысуы бар шыны пробиркаларда микроорганизмдердің суспензиясы дайындалды.



Сурет 1. Микроорганизмдерді стандартты штаммдарға қарсы зерттеу әдісі

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 96 шұңқырлы U-тәрізді полистирол микропланшеттерінде бактериялық талдаулар үшін 50 мкл Мюллер-Хинтон сорпасы (Mueller Hinton Broth) және ашытқыларды талдау үшін 50 мкл Саборо декстроза сорпасы (Sabouraud Dextrose Broth) әрбір ұңғымаға қосылды. Содан кейін бірінші колоннаның 4 ұңғымасына 50 мкл лавр майының ерітіндісі қосылды және осы ұңғымалардан микротамшуыр арқылы 50 мкл алынды, сұйылту солдан оңға қарай жүргізілді. Содан кейін осы ұңғымаларға 50 мкл микроорганизм суспензиясы қосылды, осылайша соңғы концентрация бактериялар үшін 5x105 ҚҚБ (Колония құраушы бірлік)/мл және ашытқы үшін 5x103 ҚҚБ/мл болды. Соңғы бағандағы ұңғымалар сұйылтылған жоқ және өсуді бақылау ретінде пайдаланылды. Микроорганизмдердің көрінетін өсуін тежейтін ең төменгі концентрация минималды тежегіш концентрациясы (сұйылту коэффициенті) ретінде бағаланды (1-кесте).

Кесте 1

Микроорганизмдердің стандартты штаммдарына қарсы лавр майының минималды тежегіш концентрациясы мәндері

Микроорганизм	Минималды тежегіш концентрациясы (Сұйылту коэффициенті)
Escherichia coli ATCC 25922	=<1/4096
Staphylococcus aureus ATCC 29213	1/256
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	1/256
Candida albicans ATCC 90028	=<1/4096

Тампонды пайдалана отырып, дайындалған суспензия бактериялар үшін Мюллер-Хинтон агар – II (Mueller Hinton Agar-II) ортада және ашытқы

үшін Саборо декстроза агар (Sabouraud Dextrose Agar) ортасында өсірілді. Содан кейін тасышуға бос дискілер қойылды. Осы бос дискілерге 25 мкл, 50 мкл, 75 мкл және 100 мкл лавр майының ерітіндісі қосылды. 37°C-та 24-48 сағат инкубациялаудан кейін ұңғымалардың айналасында өсу байқалмаған аумақтардың (зоналар) диаметрлері өлшеніп, мм-мен жазылды (2-кесте).

Кесте 2

Микроорганизмдердің стандартты штаммдарына қарсы лавр майының аймақтық диаметрлері

	25µl	50µl	75µl	100µl
Escherichia coli ATCC 25922	24 мм	28 мм	30 мм	32 мм
Staphylococcus aureus ATCC 29213	15 мм	18 мм	20 мм	24 мм
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	8 мм	14 мм	20 мм	24 мм
Candida albicans ATCC 90028	>34 мм	>34 мм	>34 мм	>34 мм

Бір, екі және үш нөмерлі (Lining 1, Lining 2, Lining 3) астар материалдарының үлгілері Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 және Candida albicans ATCC 90028 бактерияларына қарсы зерттелді.

Сыналған үлгілердің ешқайсысы пайдаланылған микроорганизмдердің өсуіне қандай да бір тежеу әсерін көрсеткен жоқ.

Былғары үлгілеріне терең батыру әдісімен жағылған май (DC-O), былғары үлгілеріне терең батыру әдісімен жағылған хитозан микрокапсулдары (DC-C), былғары үлгілеріне терең батыру әдісімен жағылған лавр майы микрокапсулдары (DC-M), спрей әдісімен жағылған май (S-O), спрей әдісімен жағылған хитозан микрокапсулдары (S-C), спрей әдісімен жағылған лавр майы микрокапсулдары (S-M), спрей әдісімен жағылған екі еселенген лавр майы микрокапсулдары (S-2M) Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 және Candida albicans ATCC 90028 бактерияларына қарсы зерттелді.

Инкубация нәтижесінде былғары үлгілерінің айналасында өсу байқалмаған аймақтардың диаметрі (диаметрі 12 мм) мм-мен өлшеніп, жазылды (3-кесте).

Барлық зерттеулерде былғары үлгілері (12 мм) орналастырылған жерлерде микробтардың өсуіне жол берілмегені атап өтілді.

Кесте 3

Микроорганизмдердің стандартты штаммдарына қарсы былғары үлгілерінің аймақтық диаметрлері

Микроорганизм	DC-O	DC-C	DC-M	S-O	S-C	S-M	S-2M
1	2	3	4	5	6	7	8
Staphylococcus aureus							
Иілгіш төзімділік	12+0	12+0	12+0	12+3	12+3	12+3	12+3
Үйкеліссіз	12+0	12+0	12+0	12+3	12+3	12+3	12+3
Құрғақ үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+3	12+3	12+3	12+3

3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Ылғалды үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+3	12+3	12+3	12+3
Escherichia coli							
Иілгіш төзімділік	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Үйкеліссіз	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Құрғақ үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Ылғалды үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Pseudomonas aeruginosa							
Иілгіш төзімділік	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Үйкеліссіз	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Құрғақ үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Ылғалды үйкеліс	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0	12+0
Candida albicans							
Иілгіш төзімділік	12+13	12+8	12+8	12+10	12+13	12+10	12+10
Үйкеліссіз	12+12	12+10	12+8	12+10	12+10	12+8	12+8
Құрғақ үйкеліс	12+8	12+8	12+10	12+8	12+10	12+8	12+10
Ылғалды үйкеліс	12+12	12+10	12+5	12+8	12+10	12+8	12+10

Былғары үлгілері зерттелген бактерия штаммдарының ішінде *Staphylococcus aureus* қарсы салыстырмалы түрде ең жақсы бактерияға қарсы белсенділікті көрсетті. Барлық микроорганизмдердің ішінде былғары үлгілеріне терең батыру әдісімен жағылған хитозан микрокапсулдары (DC-O) *Candida albicans* қарсы жоғары белсенділікті көрсетті.

Қорытынды. Лавр эфир майы өсімдік тектес табиғи материал болып табылады және құрамында бактерияға қарсы компоненттердің көп мөлшері бар. Бактерияға қарсы және антисептикалық қасиеттері бойынша май ағашы мен лавандамен салыстырылады. Бұл антисептиктік эфир майының бактерияға қарсы қасиеттері жараларды, сызаттарды емдеу үшін қолдануға мүмкіндік береді. Лавр эфир майы антисептикалық қасиеттері терінің қабыну және жұқпалы зақымдануларында, атап айтқанда, абсцесстерде, жараларда және фурункулдарда айқын көрінеді. Зерттеу нәтижесінде көрсетілген деректерге сәйкес лавр майы барлық зерттелген ағзаларға жақсы антибактериалды әсер етті, әсіресе *Candida albicans* саңырауқұлақтарына айтарлықтай қарсы әсер көрсетті. Бұл лавр майын патологиялық ауытқулары бар адамдардың аяқ киімдерінде тиімді микробқа қарсы агент ретінде қолдану мүмкіндігін айқындады.

Әдебиеттер тізімі

1. Абзалбекулы, Б. Разработка комфортной обуви для больных с патологическими отклонениями стопы [Текст]: монография / Б. Абзалбекулы, У.К. Джанахметов, В. Янкаускайте, С.Е. Мунасипов. – Тараз, 2015.
2. Ramos C., Teixeira B., Batista I., Matos O., Serrano C., Neng N.R., Nogueira J.M., Nunes M.L., Marques A. Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay laurel Laurus nobilis Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. // Natural Product Research. – 2012. – Vol. 26. – P. 518-29.
3. Yılmaz B., Karavana H. Application of Chitosan-Encapsulated Orange Oil onto Footwear Insock Leathers // Johnson Matthey Technology Review. – 2020. – Vol. 64. – P. 443-451.
4. Одинцова, О.И. Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств [Текст] / О.И. Одинцова, А.А. Прохорова, Л.С. Петрова, Е.Л. Владимирцева // Известия

высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 1. – С. 332-336.
5. Левшицкая О.Р. Оценка терморегулирующей способности текстильного материала, модифицированного микрокапсулированным веществом с изменяемым фазовым состоянием [Текст] / О.Р. Левшицкая, Д.Б. Рыклин, Д.Ю. Агиевич // Вестник ВГТУ. – 2017. – №1 (32).
6. Baidildayeva A., Türkoğlu G.C., Ökeer M., Eraç B., Karavana H.A. Microencapsulation of laurel essential oil with chitosan for enhanced durability and antimicrobial properties of leather footbeds // Iranian Polymer Journal, 2024.
7. Baidildayeva A., Türkoğlu G.C., Ökeer M., Eraç B., Karavana H.A. Textile-Based Footwear Linings Functionalized with Laurel Oil Microparticles: Antimicrobial Protection // The 10th International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS 2024), Sciendo, 2024. – P. 24-29.

Материал редакцияға 22.01.25 түсті, 17.03.25 қабылданды.

А.К. Байдильдаева[1], Г.Д. Тюркоглу[2],
И.С. Джиембетова[1], Г.Б. Джумабекова[1], Б. Абзалбекұлы[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Университет Докуз Ейлюл, г. Измир, Турция

ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ОБУВИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ПАТОЛОГИЧЕСКИМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ СТОП

Аннотация. В данной статье микрокапсулы, полученные с помощью технологии микрокапсулирования, наносились на обувные материалы двумя способами с целью определения антимикробного эффекта. Микрокапсулы были получены из раствора лаврового масла и хитозана. Эфирное масло лавра является натуральным материалом растительного происхождения и содержит большое количество антибактериальных компонентов. Хитозан также используется как антибактериальное вещество, в частности как антисептический материал. Микрокапсулы, нанесенные на кожу и подкладочные материалы обуви методами распыления и глубокого погружения, были исследованы против бактерий *Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 и Candida albicans ATCC 90028.* В результате была обнаружена активность против бактериальных штаммов в обувных материалах людей с патологическими изменениями стоп, которым требуется антимикробная среда.

Ключевые слова: обувь, стопа, патология, масло лавра, антимикробная защита.

A.K. Baidildayeva[1], G.C. Türkoğlu[2],
I.S. Jiyembetova[1], G.B. Jumabekova[1], B. Abzalbekuly[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Dokuz Eylul University, Izmir, Turkiye

STUDY OF THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF FOOTWEAR MATERIALS OF PEOPLE WITH PATHOLOGICAL DEVIATIONS OF THE FEET

Abstract. In this article, microcapsules obtained using microcapsulation technology were applied to footwear materials using two methods to determine their antimicrobial effect. Microcapsules were obtained from Laurel oil and chitosan solutions. Laurel essential oil is a natural material of plant origin and contains a large amount of antibacterial components. Chitosan is also used as an antibacterial agent, in particular as

antiseptic materials. Microcapsules applied to leather and footwear lining materials by spraying and dip-coating methods were studied against the *Escherichia coli ATCC 25922, Staphylococcus aureus ATCC 29213, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 and Candida albicans ATCC 90028.* As a result, activity against bacterial strains was detected in footwear materials of people with pathological foot deviations that require an antimicrobial environment.

Keywords: footwear, foot, pathology, laurel oil, antimicrobial protection.

References

1. Abzalbekuly, B., Dzhanakhmetov, U.K., Jankauskaite, V., Munasipov, S.E. Razrabotka komfortnoy obuvi dlya bol'nykh s patologicheskimi otkloneniyami stopy [Development of comfortable footwear for patients with pathological foot disorders]: monograph. – Taraz, 2015. [in Russian].
2. Ramos C., Teixeira B., Batista I., Matos O., Serrano C., Neng N.R., Nogueira J.M., Nunes M.L., Marques A. Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay laurel Laurus nobilis Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. // Natural Product Research. – 2012. – Vol. 26. – P. 518-29.
3. Yılmaz B., Karavana H. Application of Chitosan-Encapsulated Orange Oil onto Footwear Insock Leathers // Johnson Matthey Technology Review. – 2020. – Vol. 64. – P. 443-451.
4. Odintsovo O.I., Prokhorova A.A., Petrova L.S., Vladimirtseva E.L. Ispol'zovanie metoda mikrojemul'sionnogo kapsulirovanija dlja pridanija tekstil'nym materialam akaricidnyh svojstv [The use of microemulsion encapsulation method to impart acaricidal properties to textile materials] // Bulletin of higher educational institutions. Technology of the textile industry. – 2017. – No. 1. – P. 332-336. [in Russian].
5. Levshitskaya O.R., Ryklin D.B., Agievich D.Yu. Ocenka termoregulirujushhej sposobnosti tekstil'nogo materiala, modificirovannogo mikrokapsulirovannym veshhestvom s izmenjaemym fazovym sostojaniem [Assessment of the thermoregulatory ability of a textile material modified with a microcapsulated substance with a variable phase state] // Bulletin of VSTU. – 2017. – No.1 (32). [in Russian].
6. Baidildayeva A., Türkoğlu G.C., Ökeer M., Eraç B., Karavana H.A. Microencapsulation of laurel essential oil with chitosan for enhanced durability and antimicrobial properties of leather footbeds // Iranian Polymer Journal, 2024.
7. Baidildayeva A., Türkoğlu G.C., Ökeer M., Eraç B., Karavana H.A. Textile-Based Footwear Linings Functionalized with Laurel Oil Microparticles: Antimicrobial Protection // The 10th International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS 2024), Sciendo, 2024. – P. 24-29.

ҒТАМР 64.33.17

Б.А. Бейсен[1] – *негізгі автор*,
Ж.А. Талғатбекова[2], М.Т. Омарбекова[3], Е.Ж. Данадилова[4]

©

[1]Магистр, [2,3]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,
[4]Сеньор-лектор, магистр

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0004-3665-2569 [2]https://orcid.org/0000-0002-4041-4545*
[3]https://orcid.org/0000-0002-6117-1618 [4]https://orcid.org/0000-0003-3949-0345

[1,2,3,4]Алматы технологиялық университеті,
Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]beisen.aisara@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/EZEM2372

БҰЙЫМДАРДЫҢ ПІШІНІНЕ ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТУРАЛЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жеңіл өнеркәсіпте қолданатын фактура түрлеріне талдау жасалынды және қазіргі заманға сай сәндік ерекшеліктерді зерттеу жолдары қарастырылды. Заман ағымына сай тұтынушылардың сұранысына сай келетін бұйымдар жасау үшін әртүрлі фактураларды жасау тәсілдері мен әдістерін қолдана отырып, материалдар мен технологиялық өңдеуге, композициялық және түстік шешімдерге қатысты киімнің көркемдік-конструкторлық шешімдерін жобалау арқылы зерттеу жұмыстары жүргізілді. Бұйым үшін таңдалынған маталардың физика механикалық қасиеттерін ескере отырып, зерттеу эксперименттің жұмыстарын жасау арқылы қай матаны таңдалғаны зерттелінді. CorelDraw бағдарламасымен бұйымның эскизі де лекаласыда дайындалып, математикалық масштабта, сублимация әдісімен принт жасалынып, қазақ ою-өрнекпен безендірілді. Сублимация әдісін қолданумен CorelDraw бағдарламасында орындалған бұйымның эскизі Алматы қаласында орналасқан «SmartPrint» орталығында Mimaki құрылғысында орындалды.

Тірек сөздер: фактура, жеңіл өнеркәсіп, сырт киім, жилет, сән.

Бейсен, Б.А. Бұйымдардың пішініне әсер ететін фактуралы материалдардың ерекшеліктерін зерттеу [Мәтін] / Б.А. Бейсен, Ж.А.Талғатбекова, М.Т. Омарбекова, Е.Ж. Данадилова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.408-417. https://doi.org/10.55956/EZEM2372

Кіріспе. Фактураның жасалу технологиясы – бұл материалдың беткі қабатына белгілі бір сипат беру үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдер жиынтығы. Ол сурет өнерінде, дизайнда, сәулетте, мүсіндемеде және қолданбалы өнерде маңызды рөл атқарады. Фактураны жасау технологиясы таңдалған материалға, қолданылатын құралдарға және автордың шығармашылық мақсатына байланысты болады.

Қазіргі сән әлемінде киімге қойылатын талаптар тек эстетикалық қабылдаудан асып түседі. Киім өзін-өзі көрсету құралы, функционалды қорғаныс, сонымен қатар дизайндағы эксперименттердің элементі болды. Жастар сәні аясында жастардың әртүрлі қажеттіліктеріне сәйкес келетін

стильді ғана емес, сонымен қатар практикалық киім жиынтығын жасау өте маңызды (1-сурет).

Сурет 1. Деним матасынан тігілген бұйымдар

Сәндік элементтерді қолдана отырып, көпфункционалды жастар жиынтығын жобалау мен қалыптастырудың заманауи әдістерін зерттеу шығармашылық дизайн мен функционалдылықты біріктіретін сәнді шешімдерді құрудың негізгі кезеңі болып табылады.

Заманауи дизайнның әдістері тек маталармен жұмыс істеуді ғана емес, сонымен қатар инновациялық материалдарды, технологияларды және сәндік элементтерді де қамтиды. Бұл әдістерді үйрену дизайнерлерге декор функционалдылықтың ажырамас бөлігіне айналатын бірегей жиынтықтарды жасауға мүмкіндік береді (2-сурет).

Сурет 2. Фактура жасалынған бұйымдардың үлгісі

Заманауи әдістерді ескере отырып, жасалған жастар киім жинақтары бір киімде әртүрлі стильдер мен көріністерді ұсына алады. Мысалы, белдемшелер, үстіңгі бөліктер және жеңдер сияқты сәндік элементтерді бекіту мүмкіндігі көйлектен бастап күртеше дейін әртүрлі көріністерге мүмкіндік береді.

Жастар жиынтығын жобалау мен қалыптастырудың заманауи әдістерін зерттеу сонымен қатар сән әлеміндегі тұтынушылардың қалауы мен өзекті тенденцияларын талдауды қамтиды. Бұл уақыт талаптарына сай ғана емес, сонымен қатар жастардың қажеттіліктеріне жауап беретін өнімдерді жасауға мүмкіндік береді. Заманауи сән үйлері мен брендтері үнемі жаңашылдыққа ұмтылып, жастардың қажеттіліктерін қанағаттандырады.

Сән әлемінде фактураны қолдану модельер-конструкторларға шығармашылық мүмкіндіктерді кеңейтеді, киім мен аксессуарларға ерекше визуалды және тактильді әсер береді. Фактура киімнің жалпы дизайнын айқындап, оның эстетикалық және функционалдық қасиеттерін күшейтеді [1,2].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Фактураны жасауға арналған маталардың талаптарға сай сынақтан өткізу процесі жүргізілді (1 және 2-кесте). Деним матасы (арт: АТ 32325) мен жадағайлық матасына (арт: АТ 1627-17) су өткізбеу қасиетін МемСТ 58242-2018 бекітілген стандартта М018 құрылғысында жалпы техникалық шарттар бойынша қойылатын талаптармен зерттеу, мата пакетінің сынақтық үлгілерінің ауа өткізгіштік көрсеткіштері МТ 160 Метротекс құрылғысында МемСт 9733.27-83 стандарт бойынша зерттеу жүргізілді. Нәтижелері 2-ші кестеде көрсетілген. Тозуға қарсы тұрақтылықты анықтайтын сынақ, бояу жүргізілген кездегі түстің беріктілігін сақтайтын сынақтар қатар жүргізілді. Мата бояуының тұрақтылығы МемСт 9733.0-83 стандарттық көрсеткішпен МТ 197М крокметр типті құрылғысында зерттелді. Мата бояуының тұрақтылығы анықтау көрсеткіші бойынша қорытындылай келе, плащевка матасының сынақтық үлгідегі құрғақ және ылғалды бояу тұрақтылығы жоғарғы көрсеткішке ие болды. Зерттеу нәтижесінде, екінші кестеде таңдалған материал пакеті сыртқы киім стандарттарына сәйкес таңдалып, арналған киім жиынтығының сапасына, ұзақ мерзімге қызмет көрсетуге және қолдану кезінде кәсібилігін қамтамасыз етуге толық жауап берді.

Кесте 1

Маталардың сынақ нәтижелері

№	Атауы	Сипатта-ма (Құрам)	Өңдеу түрі	Негізгі тығыздық (м²)	Жыртылу жүктемесі (Н)	Қалың-дығы (мм)	Ауа өтімділігі (дм³/м²)	Түстің беріктігі
1	Ақ деним	Мақта 95%, полиэстер - 5%	Тұрақтылық сынағы (тозуға қарсы)	01471	Негізгі О-1-80, О-2-100 Арқау У-1-80, У-2-85	D=8 см	ВП=1,5 Р=5	
2	Көк джинс мата-сы	Мақта 95%, полиэстер - 5%	Тұрақтылық сынағы (тозуға қарсы)	05700	Негізгі О-1-120, О-2-80 Арқау У-1-105, У-2-119	D=8 см	ВП=35,6 Р=5	Құрғақ-5 балл Ылғалды-4 балл

Кесте 2

Маталардың сынақ нәтижелері

№	Атауы	Сипаттама (Құрам)	Су өткізбейтіндік (мм)	Ауа өткізгіштігі (дм³/м²)	Бояу тұрақтылығы (Р)	Жылу өткізгіштік қасиеті (Вт/м·К)
1	Жадағай материалы (ашық көк)	Нейлон 100%	1500	ВП = 1,5	Құрғақ – 5 балл, Ылғалды – 5 балл	0,033
2	Жадағай материалы (қою көк)	Нейлон 100%	2000	ВП = 2,2	Құрғақ – 5 балл, Ылғалды – 5 балл	0,032

Зерттеу нәтижелері. Фактураны құрудың тағы бір ерекшелігі қолдану аясын зерттей отырып, адам денесіне орналастырылған кезде қандай кемшіліктерді жасыруға және сұлулықты арттыруға болатындығын анықтауға болады. Фактураны алу әдісіне сәйкес олардың қалыптасуының өзі үш топқа бөлінеді:

– тоқудың әртүрлі түрлерін қолдану (тоқу жабдықтарының түріне және класына байланысты);

– әртүрлі сәндік және материалдық-пластикалық қасиеттері бар шикізатты пайдалану нәтижесінде;

– арнайы әрлеу түрлеріне байланысты кенептің сыртқы түрін өзгерту.

Фактураны зерттеу барысындағы алынған бірнеше құрылымдар мен әдіс түрлері 3-кестеде келтірілген [3].

Кесте 3

Фактураны зерттеу барысындағы алынған бірнеше құрылымдар мен әдіс түрлері

№	Фактура түрлері	Қолданылған әдістер	Құрал-жабдықтар	Матаның талшықтық құрамы	Жасалу техникасы
1	2	3	4	5	6
1		Шар тәрізді кесіп, оны тігеміз, оған пішін береміз	Деним матасы, жіп, қайшы	100% мақта	Боро
2		Шахматты пішін	Деним матасы , жіп, қайшы, түйреуіштер	85% мақта, 15% ПЭ	Сашико
3		Түсін өзгертетін бояқтар фавли пішін	Ағартқыш сұйықтық	100% мақта	Сашико

3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
4		Жіппен кестелеу әдісі	Деним матасы, жіп, қайшы	100% мақта	Сашико
5		Моншақтармен әрлеу әдісі	Деним, қайшы, ине, моншақ, жіп	100% мақта	Боро
6		Матаны кесте жіптерімен кестелеу, әрлеу	Деним, қайшы, ине, моншақ,кесте жіптері	100% мақта	Когин
7		Көлем беретін синтепонды қолдану	Жадағай материалына синтипонды қолдану	100% нейлон	Көлем беру
8		Кестелі жіптермен	Тоқуға арналған жіптерді қолдану	Macram cotton 80% коттон 20% полиэстр	Когин
9		Мата үстіне матаны тігу арқылы күрделендіре түсу	Деним матасы , жіп, қайшы	100% мақта	Боро
10		Суретпен өрнектеу	Арнайы машинада принт жасау	100% нейлон	Сублимация жасау

Зерттеу деректері материалдардың құрылымы қолданылатын матаның құрылымына байланысты киім үлгілерінің әртүрлілігі мен көркемдік мәнерлілігіне қол жеткізуге болады. Костюмдегі фактуралық шешімдер бұйымның пішінін қалыптастыру заңдылықтарына бағынады. Материалдың текстурасын анықтау немесе керісінше, оны жасыру материалдардың белгілі бір түстерін қолданған жөн. Ашық және нәзік түстерді тегіс құрылымы бар маталарға қолдану ұсынылады. Деним маталарының құрылымы барлық ашық түстерге өте қолайлы[4,5].

Қорытындылай келе осы кестенің ішіндегі 7 үлгі мен 10 үлгіні таңдап отырып, біріктіру арқылы жаңа модельді эскиздері жасалынды (3-сурет).

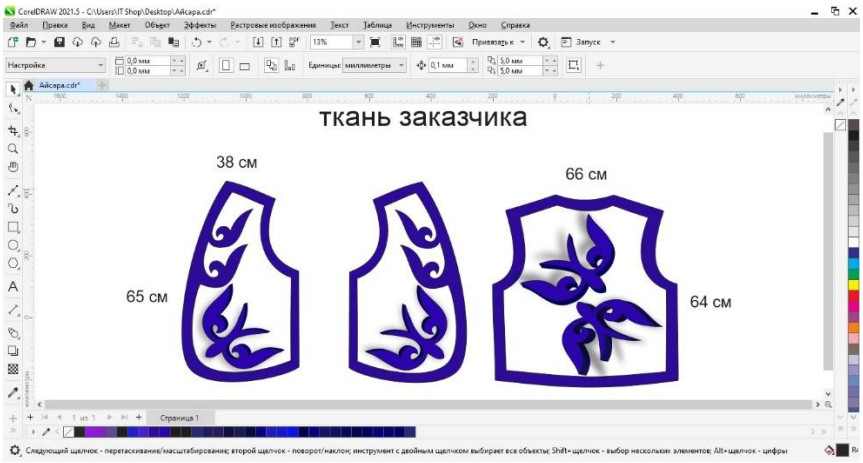
Сурет 3. Зерттеу нәтижесінде дайындалған эскиздер

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Бұйымды жасамас бұрын ең алдымен бірнеше әдістерді қолданып, оның ішінен ең тиімді үлгі қарастырылды.

1. Үлгі мата үстіне матаны тігу арқылы қалыңдықты беріп күрделендіріп ою өрнекпен безендіру.
2. Матаның үстіне принт жасап сол сызықтар бойыншы көлем беру.
3. Мата үстіне әрлеуіш тоқыма жіптерімен оюдың бейнесін тігіп шығу.

Осы үлгінің ішінен ең ұтымдысы екінші үлгі алынды. Басқа модельдерге қарағанда бұл модельдің артықшылығы конструктивті эскиз салынды, матаға принт ретінде шығарылды, сол бойынша бұйымның бөлшектері пішілді.

4-суретте көрсетілген матаға сублимация әдісін қолданумен бұйымның эскизі арнайы CorelDraw бағдарламасында орындалды.

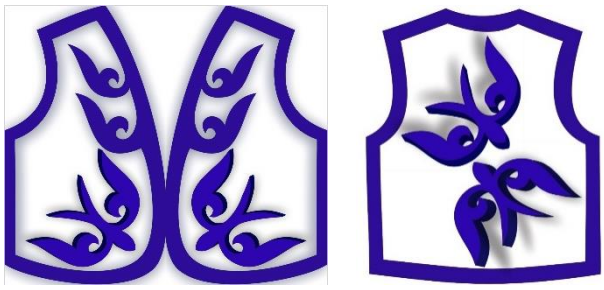


Сурет 4. Сублимация әдісін қолданумен CorelDraw бағдарламасында орындалған бұйымның эскиз

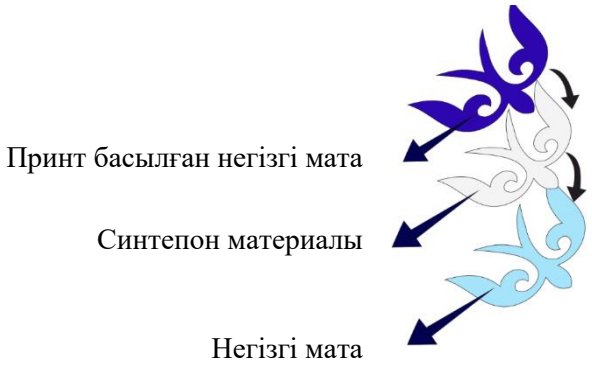
Бұйымның (кеудеше) дайындалу процесі маусымға арналған жылу сақтағыш мақсатында синтипон қолданып, екі жағына айналдыра киюге ыңғайлы етіп дайындалды.

Бұйымның сыртқы көрінісі қазақтың қарлығаш оюымен принт басылған. Кеудешенің басқа киімдерден ерекшелігі сызбасы БК мен МК-сы

бір бағдарламада салынып, сол бойынша бөлшектері пішілді. Кеудешенің негізгі матасы мен астарының бірігу процесін 5 және 6 суреттерде көрсетілді [6,7].



Сурет 5. Жадағай материалынан фактуралы көлем қосылған кеудеше эскизі



Сурет 6. Бұйымның (кеудеше) қанша қабаттан тұратыны

Сублимация әдісімен матаға принт жасау – бұл арнайы сұйық сублимациялық бояуды пайдаланып, бейнені тікелей матаның талшықтарына көшіру әдісі. Бұл процесс негізінен синтетикалық материалдарға (мысалы, полиэстерге) қолдану үшін өте тиімді, себебі бұл материалдар сублимация бояуын жақсы қабылдайды. Осы әдіс арқылы принттің түсі матаға терең сіңіп, оның бетінде ұзақ уақыт бойы сақталады [8-11].

Сублимация әдісін қолданумен CorelDraw бағдарламасында орындалған бұйымның эскизі Алматы қаласында орналасқан «SmartPrint» орталығында Mimaki құрылғысында орындалды (7-сурет).

Сурет 7. Mimaki Жапония құрылғысы

Қорытынды. Қорытындылай келе, қазақ ою-өрнек элементтерін фактуралық зерттеу ұлттық мәдениеттің мәнін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Бұл оюлар тек сәндік тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар ұлттың дүниетанымы мен руханиятының символы болып табылады.

Ою-өрнектердің фактурадағы маңызы – оның өнердегі және күнделікті өмірдегі терең эстетикалық және символикалық мәнін ашуда.

Маталардың барлық физика механикалық қасиеттерін ескере отырып, зерттеу эксперименттің жұмыстарын жасау арқылы қай матаны таңдалғаны зерттелінді. Шешімнің нәтижесі, барлық талаптарға сай келген жадағай материалы таңдалды. Эскиздердің ішінен сыртқы көрінісі мен бағасы жағынан, сапалы қасиеттерімен ерекшелінген төрт түрлі кеудеше көрсетіліп, соңғы бір бұйым дайындалды.

Жаңашылдығы, анализдермен сұраныстың басымы болған, заманға сай жастардың барлығы кие алатын, екі жағы да алмастырылып кииле беретін ерекшелігімен, CorelDraw бағдарламасымен бұйымның эскизі де лекаласыда дайындалып, математикалық масштабта, сублимация әдісімен принт жасалынып, қазақ ою-өрнекпен безендірілді.

Әртүрлі фактураларды жасау, сәндік элементтерді біріктіру және олардың сапалық сипаттамаларын зерттеу арқылы моделер-конструкторлар мен өнер мамандары бірегей, жоғары сапалы бұйымдарды жасай алады. Бұл процесс жаңа материалдарды, әдістерді және шығармашылық шешімдерді іздеуде маңызды рөл атқарады.

Әдебиеттер тізімі

1. Жәнібеков, Ө. Қазақ киімі. Казахский костюм. The Kazakh costume: альбом. / Ө. Жәнібеков – Алматы : Өнер, 2005. – 160 б.
2. Гусейнов, Г.М. Композиция костюма [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / 2-е изд. / Г.М. Гусейнов, В.В. Ермилова, Д.Ю. Ермилова, Н.Б. Ляхова, Е.М. Финашина. – М: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.
3. Тихонова, А.С. Текстура как средство формирования образа костюма в художественном дизайне [Текст] / А.С. Тихонова // Молодой ученый. – 2023. – №3 (450). – С. 450-453.
4. Жангужинова, М.Е. Архетипы символов номадов (на примере казахского костюма) [Текст] / М.Е. Жангужинова, А.Ж. Талгатбекова, А. Ербол, Р.Б. Ашинов. – Алматы: Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2022. – 54-65 с.
5. Кучарбаева, К.Ж. Исследование показателей качества акриловых красок с эффектом замши, используемых в молодежной одежде [Текст] / К.Ж. Кучарбаева, А.М. Турарбек, А.Ж. Талгатбекова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 145(3). – С. 163170.
6. Оспанұлы, Е. Қошетер Қазақ халқының қолөнері [Мәтін]. – [?]. – 2021.
7. Donnanno, A. Fashion Patternmaking Techniques for Children's Clothing: Dresses, Shirts, Bodysuits, Trousers, Jackets and Coats. – New York: Promopresseditions, 2018. – 232 p.
8. Donnanno, A. Fashion Patternmaking Techniques –Haute Couture Models, Draping Techniques, Decorations. Volume 1. – UK: Promopress, 2017. – 256 p.
9. Бегешова У.Н. Қазақтың ұлттық киімдерін түрлендіру [Мәтін]: оқу құралы / У.Н. Бегешова. – Алматы: Дарын, 2023. – 126 б.
10. Казахстанский дизайнер Наталья Столбушкина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kfw.kz/post/v-almaty-prokhodit-32-i-sezon-nacionalnoi-nedeli-mody-kazakhstan-fashion-week /. Дата обращения: 24.02.2024.
11. Googl: Сублимация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pechatnik.by/stati/chto-takoe-sublimaczionnaya-pechat/

Материал редакцияға 05.02.25 түсті, 14.03.25 қабылданды.

Б.А. Бейсен[1], Ж.А. Талғатбекова[1], М.Т. Омарбекова[1], Е.Ж. Данадилова[1]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМУ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В данной статье проведен анализ видов фактур, используемых в легкой промышленности, а также рассмотрены пути исследования современных декоративных особенностей. В соответствии с требованиями потребителей, обусловленными современными тенденциями, были изучены методы и способы создания различных фактур. Исследование включало проектирование художественно-конструкторских решений одежды с учетом материалов, технологической обработки, композиционных и цветовых решений. При выборе материалов для изделия учитывались их физико-механические свойства. Экспериментальные исследования позволили определить наиболее подходящие ткани для придания фактуры. В программе CorelDraw были разработаны эскизы и лекала изделия, выполнены принты в математическом масштабе методом сублимации, а также использованы казахские орнаменты. Процесс сублимации, основанный на эскизах, созданных в CorelDraw, был реализован на оборудовании Mimaki в центре «SmartPrint» в городе Алматы.

Ключевые слова: фактура, легкая промышленность, верхняя одежда, жилет, мода.

B.A. Beysen[1], Zh.A. Talgatbekova[1], M.T. Omarbekova[1], E.Zh. Danadilova[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF TEXTURED MATERIALS AFFECTING THE SHAPE OF PRODUCTS

Abstract. This article analyzes the types of textures used in the light industry and examines ways to study modern decorative features. In line with current trends and consumer demand, various methods and techniques for creating different textures were explored. Research was conducted by designing artistic and constructive solutions for clothing, considering materials, technological processing, composition, and color choices. The physical and mechanical properties of the selected fabrics were taken into account, and experimental studies were conducted to determine the most suitable fabric. The sketch and patterns of the product were created using CorelDraw, and a sublimation print was applied in mathematical scale, decorated with Kazakh ornaments. The sublimation process, based on the sketches developed in CorelDraw, was carried out using a Mimaki machine at the "SmartPrint" center in Almaty.

Keywords: texture, light industry, outerwear, vest, fashion.

References

1. Zhanibekov, O. K¸azak¸ kiímí. Kazahskij kostûm. The Kazakh costume: album. – Almaty : Öner, 2005. – 160 p. [in Kazakh].
2. Guseynov, G.M., Yermilova, V.V., Yermilova, D.YU., Lyakhova, N.B., Finashina, Ye.M. Kompozitsiya kostyuma [Costume composition]: textbook for students of higher educational institutions / 2nd ed. – Moscow: Publishing center "Academy", 2004. – 432 p. [in Russian].
3. Tikhonova, A.S. Tekstura kak sredstvo formirovaniya obraza kostyuma v khudozhestvennom dizayne [Texture as a means of forming the image of a costume

in artistic design] // Young scientist. – 2023. – No. 3 (450). – P. 450-453. [in Russian].

4. Zhanguzhinova, M.Ye., Talgatbekova, A.ZH., Yerbol, A., Ashinov, R.B. Arkhetipy simvolov nomadov (na primere kazakhskogo kostyuma) [Archetypes of nomad symbols (on the example of the Kazakh costume)]. – Almaty: Abay atyndagy kazak ulttyk pedagogical university, 2022. – 54-65 p. [in Russian].
5. Kucharbayeva K.ZH., Turarbek A.M., Talgatbekova A.ZH. Issledovaniye pokazateley kachestva akrilovykh krasok s effektom zamshi, ispol'zuyemykh v molodezhnoy odezhde [Study of quality indicators of acrylic paints with suede effect used in youth clothing] // Bulletin of Almaty Technological University. – 2024. – No. 145(3). – P. 163170. [in Russian].
6. Ospanuly, E. Kosheter Kazak halkynyn koloneri [Kosheter Crafts of the Kazakh people]. – [?]. – 2021.
7. Donnanno, A. Fashion Patternmaking Techniques for Children's Clothing: Dresses, Shirts, Bodysuits, Trousers, Jackets and Coats. – New York: Promopresseditions, 2018. – 232 p.
8. Donnanno, A. Fashion Patternmaking Techniques – Haute couture. Volume 1. Haute Couture Models, Draping Techniques, Decorations. – UK : Promopress, 2017. – 256 p.
9. Begeshova U.N. Kazaktyn ulttyk kiimderin tyrlendiru [Transformation of Kazakh national clothing]: textbook. – Almaty: Daryn, 2023. – 126 b. [in Russian].
10. Kazakhstani designer Natalia Stolbushkina [Electronic resource]. - Access mode: https://kfw.kz/post/v-almaty-prokhodit-32-i-sezon-nacionalnoi-nedeli-mody-kazakhstan-fashion-week /. Access date: 24.02.2024. [in Russian].
11. Google: Sublimation [Electronic resource]. - Access mode: https://pechatnik.by/stati/chto-takoe-sublimaczionnaya-pechat/. [in Russian].

ҒТАМР 64.33.81

К.Е. Шәкір[1] – *негізгі автор*,
А.Ж. Талгатбекова[2], Ж.Е. Данадилова[3]

[1]Магистр, [2]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [3]Сеньор-лектор

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0006-8192-7204 [2]https://orcid.org/0000-0002-4041-4545 [3]https://orcid.org/0000-0003-3949-0345*

[1,2,3]Алматы технологиялық университеті,
Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]shakir.kamila@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/AOEF8186

АРНАЙЫ ЖАСАҚ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНІҢ ДАЛАЛЫҚ ФОРМАСЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасының қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған зерттеулердің нәтижелері талқыланады. Зерттеу жұмысының мақсаты – қолайсыз орта жағдайларында қызмет атқаруға арналған оңтайлы материалдарды анықтау және форманың функционалдық-конструктивтік шешімдерін жетілдіру. Зерттеу барысында су өткізбейтін хлопкоэфирлі камуфляж, шөгуі төмен хлопкоэфирлі камуфляж және поливискозды камуфляж маталарының қасиеттері зертханалық жағдайда ауа өткізгіштік, үзілу күші және тозуға төзімділік көрсеткіштері бойынша сыналды. Алынған нәтижелер әрбір материалдың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, арнайы жасақ қызметкерлерінен алынған сауалнамалардың нәтижелері конструкторлық шешімдерді жетілдіру үшін пайдаланылды. Мақалада әрбір материалдың толық сипаттамасы, жүргізілген сынақтардың нәтижелері және арнайы жасақ қызметкерлерінің пікірлері негізінде жасалған конструкторлық ұсыныстар келтірілген. Зерттеу нәтижелері арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасын жасауда қолданылатын материалдарды таңдау және конструкторлық шешімдерді қабылдау кезінде ескерілетін маңызды ақпарат көзі бола алады.

Тірек сөздер: арнайы жасақ, далалық форма, камуфляж, арнайы киім жиынтығы, рипстоп.

Шәкір, К.Е. Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасын талдау [Мәтін] / К.Е. Шәкір, А.Ж. Талгатбекова, Ж.Е. Данадилова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.418-426. https://doi.org/10.55956/AOEF8186

Кіріспе. Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасы – олардың кәсіби қызметін тиімді атқару үшін маңызды рөл атқаратын элементтердің бірі болып табылады. Бұл форма тек қана эстетикалық тұрғыдан емес, сонымен қатар арнайы тапсырмаларды орындау кезінде қызметкерлердің қауіпсіздігі мен жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ететін функционалды сипаттамаларға ие [1]. Арнайы жасақтар, олардың қызметтері мен операцияларының ерекшеліктеріне қарай, әртүрлі климаттық жағдайларда, төтенше жағдайларда және қолайсыз ортада тиімді әрекет ету үшін арнайы дайындалған киім мен құрал-жабдықтарды пайдалануды қажет етеді [2]. Бұл

мақала арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасының функционалдығы, оның материалдары мен құрылымы, сондай-ақ оның конструкторлық және технологиялық шешімдерін қарастыра отырып далалық аумақтың географиялық жағдайларының сипаттамалық көрсеткіштеріне сай болатын өнімді талдауды қамтиды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасының қолайсыз ортада қауіпсіздік жағдайын қамтамасыз ету барысында жүргізілген зерттеулерге сәйкес негізгі мата ретінде су өткізбейтін хлопкоэфирлі камуфляж, шөгуі төмен хлопкоэфирлі камуфляж, поливискозды камуфляж матасы таңдалды [3].

Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық формасын ауаөткізгіштік және мата үзу күші, тозу тұрақтылығы көрсеткіштері бойынша Алматы Технологиялық Университеті зертханасында сынақтан өткізілді (1-кесте). Арнайы жасақ қызметкерлерінен алынған сауалнама нәтижесі бойынша конструкторлық шешімдер жетілдірілді (2-кесте).

Кесте 1

Арнайы жасақ қызметкерлеріне арналған далалық формаға арналған материалдардың толық сипаттамасы

Материал атауы	Үлгі № 1 Хлопкоэфирлі камуфляжданған	Үлгі №2 Хлопкоэфирлі камуфляжданған	Үлгі №3 Поливискозды камуфляжданған
Камуфляж түрі			
Мемлекет, өндіруші, артикуль	«Чайковский текстиль» Россия, арт. 18305	«Чайковский текстиль» Россия, арт. 18305	«Чайковский текстиль» Россия, арт. 87309
Беттік тығыздығы, г/м^2	230	230	245
Талшықтық құрамы, %	50% Мақта, 50% ПЭ	50% Мақта, 50% ПЭ	80% ПЭ, 20% Вискоза
Әрлеу түрлері	ВО	МУ	ВО
Тоқылуы	Комбинирленген (рип-стоп), армирленген жіппен	комбинирленген (рип-стоп), армирленген жіппен	комбинирленген (рип-стоп), армирленген жіппен
Тозу тұрақтылығы, цикл	5000 цикл	5000 цикл	15000 цикл
Үзу күші, Н	Желіс 700 Н, арқау 800 Н	Желіс 700 Н, арқау 800 Н	Желіс 1300Н, арқау 1500Н
Отыруы, %	3,5%	2%	2,5%
Ауа өткізгіштігі, $дм^3/м^2 \times сек$	35 дм3/м2 сек	35 дм3/м2 сек	20 дм3/м2 сек
Бағасы, 1 м	4000 тг	4000 тг	4200 тг
Тұтынушылық мерзімі, жыл	3 жыл	3 жыл	1 жыл

Үзілу күші жіп жүйесін үзу үшін қажетті күшпен сипатталады. Өткізілген сынақтар №3 үлгінің беріктігі жоғары екенін көрсетті: №1 және №2 үлгі жіп жүйесінің ауытқуы 700 Н-ге тең үзілу күшін көрсетті, ал №3 үлгіде – 1300 Н [4].

Үйкеліске төзімділік ГОСТ 18976-73 стандартына сәйкес стандартты құрылғысының көмегімен анықталды. 5000 циклде №1, №2 үлгі өзінің тұтастығын сақтады, сыртқы көрініс ешқандай өзгерістер анықталмады. №3 үлгі 15000 циклде өзінің тұтастығын сақтап қалды, бірақ сыртқы көрінісінде шамалы өзгерістер орын алды [5].

Ауа өткізгіштік эксперимент нәтижесі бойынша, хлопкоэфирлі камуфляждан жасалған №1 және №2 үлгілердің ауа өткізгіштігі (35 дм³/м² сек) поливискозды камуфляждан жасалған №3 үлгіге қарағанда (20 дм³/м² сек) жоғарырақ болып шықты. Бұл хлопкоэфирлі матаның дем алу қасиетінің поливискозды матаға қарағанда жақсырақ екенін көрсетеді [6].

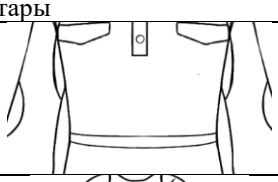
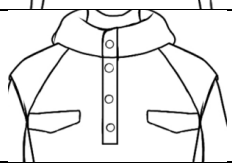
Ыстық климаттық жағдайда қызмет атқаратын арнайы жасақ қызметкерлері үшін киім тігу кезінде жоғарғы киім (шапан, күрте) үшін хлопкоэфирлі камуфляж (№1 және №2 үлгілер) таңдау тиімдірек. Себебі ол денеден шыққан терді жақсы сіңіреді және ауаның еркін айналымын қамтамасыз етеді, бұл ыстықтан қорғауға және жайлылықты сақтауға көмектеседі. Ал поливискозды камуфляж (№3 үлгі) беріктігі мен тозуға төзімділігі жоғары болғандықтан, астыңғы киім (шалбар) үшін пайдалануға болады [7].

Тоқыма материалдарының ластануға қарсы қасиеттері тәжірибелік тозу сенімді нәтиже беретініне қарамастан, ол қымбат және көп уақытты қажет етеді. Осыны ескере отырып, бұл эксперимент зертханалық (аспаптық) әдісті қолдану арқылы жүргізілді, бұл ластануға қарсы қабілетті тез бағалауға мүмкіндік берді [8].

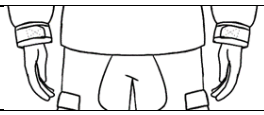
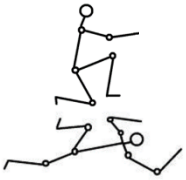
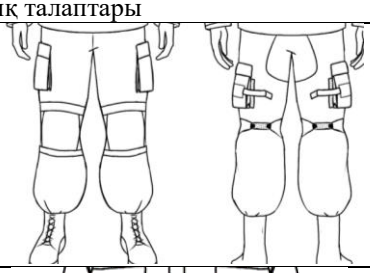
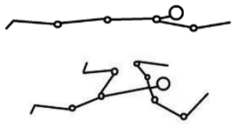
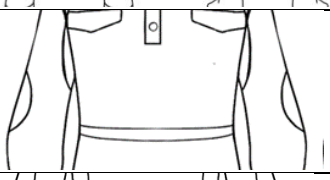
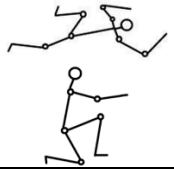
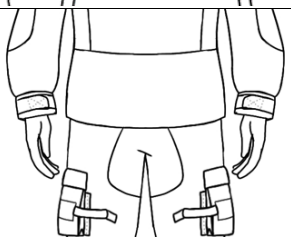
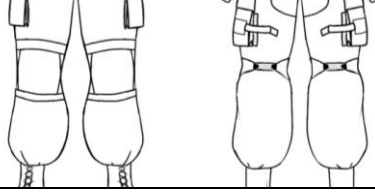
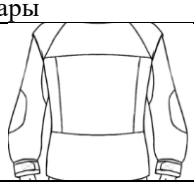
Сулы суспензияға қатысты материалдардың кірден қорғайтын қасиеттерін анықтау үшін келесі құрамдағы саз-топырақ қоспасы (г) пайдаланылды: саз – 5; жер – 30; темір (II) оксиді – 1; күйе – 0,05; су – 1000 дейін. Алынған нәтижелер сұр стандарттардың бес балдық шкаласы арқылы бағаланды. №1,2 үлгі де, №3 үлгі де 2 ұпаймен бағаланды [9].

Кесте 2

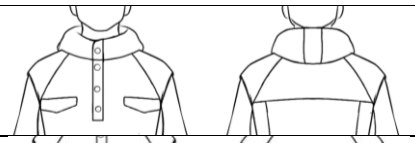
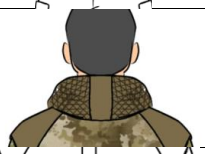
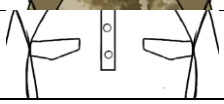
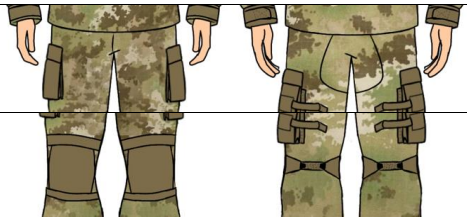
Арнайы жасақ қызметкерлеріне арналған форманы дайындаудағы функционалдық-конструктивті шешімі

Талаптарға сәйкес келетін функционалдық-конструктивті элементтің атауы	Функционалдық және конструктивті элементтің суреті
1	2
Қорғау талаптары	
Бел бөлігіндегі қозғалмалы серпімді бауы бар күрте	
Алдыңғы бой түймемен түйменленген	

2-кестенің жалғасы

1	2
Жең аузындағы қозғалмалы велкро	
Аса қорғау талаптары	
Сыртқы ортаның түстік шешіміне байланысты камуфляж	
Эргономикалық талаптары	
Тізе бөлігіндегі велкромен қозғалатын берік тізеқап 	
Шынтақ бөлігіндегі шынтаққап 	
Ау бөлігіндегі еркіндетілген қосымша бөлік 	
Антропометриялық талаптары	
Сымның жан бөлігінде реттелетін эластикалық белдік	
Тізе бөлігінде және жанбастың төменгі бөлігінде реттелетін, қозғалатын велкромен	
Гигиеналық талаптары	
Артқы бойдың ортаңғы бөлігіндегі жасырын ауа өткізгіш	

2-кестенің жалғасы

1	2
Иық бөлігіндегі жасырын ауа өткізгіш	
Қолтық астының ауа өткізу мақсатындағы басқа материалдан жасалған бөлшегі	
Үстінгі бұйымның жан тігістеріндегі ауа өткізгіш сыдырмасы бар бөлігі	
Капюшонның торлы ауа өткізгіш бөлігі	
Кеуде қалталарындағы ауа өткізгіш астарлары	
Психофизиологиялық талаптары	
Қол деңгейінен төмен орналасқан қалта	
Эксплутациялық талаптары	
Ауыр жүкті тасу барысында киімнің тозуын болдырмайды иықта жасалған күшейтілген материал	
Шынтақ қозғалысынан болатын тозуды болдырмайтын шынтақтағы күшейтілген материал	
Ау бөлігінің қажалуынан болатын тозуды болдырмайтын күшейткіш материал	
Тізенің активті қозғалысынан болатын тозуды болдырмайтын тізеге жасалған күшейткіш материал	

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ұсынылған зерттеулердің нәтижесінде, арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық киім үлгісінің жаңа моделі дайындалды (1-суретте көрсетілген). Жаңа модельдің дизайны далалық аймақтардың қолайсыз климаттық жағдайларында (ыстық және құрғақ климат, жоғары күн радиациясы) қызмет етудің ерекшеліктерін ескере отырып жасалған [10]. Арнайы жасақ қызметкерлерінің формасын

дайындау барысында физико-механикалық зерттеулер жүргізіліп, эксперимент нәтижесі дайындалды.

Арнайы жасақ қызметкерлерінің далалық киім үлгісін жасау кезінде маталарды таңдау кезінде келесі факторларды ескеру қажет:

Жоғарғы киім ретінде, ыстық климаттық жағдайларда жайлылықты қамтамасыз ету үшін хлопкоэфирлі камуфляж (№1 және №2 үлгілер) ұсынылады, себебі ол ауаны жақсы өткізеді.

Астыңғы киім ретінде, беріктігі мен тозуға төзімділігі жоғары поливискозды камуфляжды (№3 үлгі) пайдалану тиімдірек.

Барлық үлгілердің ластануға қарсы қасиеттері бірдей болғандықтан, бұл фактор мата таңдау кезінде шешуші рөл атқармайды.

Материалдарды таңдау кезінде ауа өткізгіштік, үзілу күші, үйкеліске төзімділік және кірден қорғау сияқты факторларға баса назар аударылды. Арнайы жасақ қызметкерлерінен алынған сауалнамалардың нәтижелері конструкторлық шешімдерді жетілдіруге және киім үлгісінің функционалдығын арттыруға мүмкіндік берді [11]. Жаңа модель арнайы жасақ қызметкерлерінің қауіпсіздігін және қызметтік міндеттерін тиімді орындауын қамтамасыз етеді (1-сурет).

Сурет 1. Ұсынылатын модель

Қорытынды. Зерттеуде Қазақстанның далалық аймақтарында қызмет атқаратын арнайы жасақ қызметкерлерінің жұмыс барысындағы қимыл-қозғалыстары мен қызмет атқаратын аймағының климаттық ерекшеліктеріне баса назар аударылды. Жүргізілген зерттеулерде материалдардың сапасымен қатар, далалық киім үлгісінің конструкторлық элементтеріне де ерекше көңіл бөлінді. Киімнің ыңғайлылығы, қимыл еркіндігі, қосымша қорғаныс элементтері және пайдаланушының қажеттіліктеріне сай келуі - басты назарда болды. Конструкторлық шешімдерді дайындау барысында арнайы жасақ қызметкерлерінің тікелей пікірлері ескеріліп, олардың практикалық тәжірибесі мен ұсыныстары қолданылды. Нәтижесінде, алынған мәліметтер киім үлгісінің эргономикалық қасиеттерін жақсартуға, функционалдығын арттыруға және қолайлылық деңгейін көтеруге мүмкіндік берді. Жаңа киім үлгісі жоғары сапалы, ыстыққа төзімді, дем алатын және берік материалдардан жасалған, бұл арнайы жасақ қызметкерлерінің қауіпсіздігін және тиімділігін қамтамасыз етеді. Осылайша, жаңа киім үлгісі Қазақстанның

арнайы жасақтарының жауынгерлік дайындығын арттыруға және елдің ұлттық қауіпсіздігін нығайтуға үлес қосады.

Әдебиеттер тізімі

1. Құтжанова, А.Ж. Тоқыма материалтану [Мәтін]: оқулық / А.Ж. Құтжанова. – Алматы: АТУ, 2012. – 281 б.
2. Кокина, Д.С. Совершенствование процесса и методов проектирования одежды сотрудников отряда специального назначения [Текст]: дис. … магистр техн. наук / Кокина Дарья Сергеевна. – Новосибирск: Новосибирский технологичкский институт, 2015. – 264 с.
3. Мухаметшина, Э.Т. Проблемы разработки изделий специального назначения с заданными свойствами [Текст] / Э.Т. Мухаметшина, С.Ш. Ташпулатов, И.В. Черунова // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 247-249.
4. Специальные ткани, используемые при производстве камуфляжа и спецодежды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ursus.ru/articles/59398/. Дата обращения: 09.06.2024.
5. Расулова, М.К. Разработка технологии изготовления спецодежды с улучшенными эксплуатационными свойствами [Текст]: монография / М.К. Расулова, С.Ш. Ташпулатов, И.В. Черунова. – Курск: Издательство ЗАО «Университетская книга», 2020.
6. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости [Текст]. – Введ. 01.01.79. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 11 с.
7. Шершнева, Л.П. Конструктивное моделирование одежды в терминах,эскизах и чертежах [Текст]: учебное пособие для вузов / Л.П. Шершнева, Е.А. Дубоносова, С.Г. Сунаева. – М.: "ФОРУМ", ИНФРА-М, 2019.
8. Кокина, Д.С. Разработка математической модели для проектирования эргономичной одежды служащих отряда специального назначения [Текст] / Д.С. Кокина, О.Н. Харлова // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Наука и технологии в современном мире: традиции и инновации. – Новосибирск.: СНИ, 2015. – С. 141-143.
9. Саидова, Ш.А. Обзор современных методов проектирования эргономичной одежды [Текст] / Ш.А. Саидова, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4 (54).
10. Смирнова, Н.И. Проектирование конструкций швейных изделий для индивидуального потребителя [Текст] / Н.И. Смирнова, Н.М. Конопальцева. – М.: Форум, Инфра-М, 2016. – 432 с.
11. ГОСТ 31399-2009. Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды [Текст]. – Введ. 2010-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 22 с.

Материал редакцияға 17.02.25 түсті, 13.03.25 қабылданды.

К.Е. Шакир[1], А.Ж. Талгатбекова[1], Е.Ж. Данадилова[1]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ПОЛЕВОЙ ФОРМЫ СОТРУДНИКОВ СПЕЦНАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований, направленных на обеспечение безопасности полевой формы одежды сотрудников подразделений специального назначения. Целью научно-исследовательской работы является выявление оптимальных материалов для эксплуатации в неблагоприятных условиях окружающей среды и совершенствование функциональных и

конструктивных решений формы. В ходе исследования были исследованы свойства водонепроницаемой хлопчатобумажно-эфирной камуфляжной, малоусадочной хлопчатобумажно-эфирной камуфляжной и поливискозной камуфляжной тканей в лабораторных условиях по воздухопроницаемости, прочности на разрыв и стойкости к истиранию. Полученные результаты позволили выявить преимущества и недостатки каждого материала. Кроме того, для совершенствования проектных решений использовались результаты опросов личного состава спецподразделений. В статье дается подробное описание каждого материала, результаты проведенных испытаний и рекомендации по проектированию, основанные на отзывах сотрудников спецподразделений. Результаты исследования могут стать важным источником информации, которую необходимо учитывать при выборе материалов и принятии конструкторских решений для производства полевой формы одежды для сотрудников спецподразделений.

Ключевые слова: спецназ, полевая форма, камуфляж, комплект специальной одежды, рипстоп.

K.E. Shakir[1], A.Zh. Talgatbekova[1], E.Zh. Danadilova[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF FIELD UNIFORM OF SPECIAL FORCES STAFF

Abstract. The article considers the results of research aimed at ensuring the safety of field uniform of special forces personnel. The purpose of the research work is to identify optimal materials for use in adverse environmental conditions and improve the functional and design solutions of the uniform. During the study, the properties of waterproof cotton-ether camouflage, low-shrink cotton-ether camouflage and polyviscose camouflage fabrics were investigated in laboratory conditions for air permeability, tensile strength and abrasion resistance. The results obtained allowed us to identify the advantages and disadvantages of each material. In addition, the results of surveys of special forces personnel were used to improve the design solutions. The article provides a detailed description of each material, the results of the tests and design recommendations based on feedback from special forces personnel. The results of the study can become an important source of information that must be taken into account when selecting materials and making design decisions for the production of field uniforms for special forces personnel.

Keywords: special forces, field uniform, camouflage, special clothing set, ripstop.

References

1. Kutzhanova, A.Zh. Tok¸yma materialtanu [Mətín]: ok¸ulyk¸ / A.ZH. K¸ūtzhanova. – Almaty: ATU, 2012. – 281 b. [in Kazakh].
2. Kokina, D.S. Sovershenstvovaniye protsessa i metodov proyektirovaniya odezhdy sotrudnikov otryada spetsial'nogo naznacheniya [Improving the process and methods of designing clothing for special forces personnel]: dis. … Master Of Technical Sciences / Kokina Daria Sergeevna. – Novosibirsk: Novosibirsk Technological Institute, 2015. – 264 p. [in Russian].
3. Mukhametshina E.T., Tashpulatov S.SH., Cherunova I.V. Problemy razrabotki izdeliy spetsial'nogo naznacheniya s zadannymi svoystvami [Problems of developing special-purpose products with specified properties] // Young scientist. – 2019. – No. 51 (289). – P. 247-249. [in Russian].
4. Special fabrics used in the production of camouflage and workwear [Electronic resource]. - Access mode: https://www.ursus.ru/articles/59398/. Date of access: 09.06.2024. [in Russian].

5. Rasulova M.K., Tashpulatov S.SH., Cherunova I.V. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya spetsodezhdy s uluchshennymi ekspluatatsionnymi svoystvami [Development of technology for the manufacture of workwear with improved performance properties]: monograph. – Kursk: Publishing house of ZAO "Universitetskaya kniga", 2020. [in Russian].
6. GOST 12088-77 Materialy tekstil'nyye i izdeliya iz nikh. Metod opredeleniya vozdukhopronitsayemosti [Textile materials and products made from them. Method for determining air permeability]. – Introduced. 01.01.79. – Moscow: Publishing house of standards, 1977. – 11 p. [in Russian].
7. Shershneva L.P., Dubonosova Ye.A., Sunayeva S.G. Konstruktivnoye modelirovaniye odezhdy v terminakh,eskizakh i chertezhakh [Constructive modeling of clothing in terms, sketches and drawings]: uchebnoye posobiye dlya vuzov. – Moscow: "FORUM", INFRA-M, 2019. [in Russian].
8. Kokina D.S., Kharlova O.N. Razrabotka matematicheskoy modeli dlya proyektirovaniya ergonomichnoy odezhdy sluzhashchikh otryada spetsial'nogo naznacheniya [Development of a mathematical model for the design of ergonomic clothing for special forces personnel] // Proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation: Nauka i tekhnologii v sovremennom mire: traditsii i innovatsii [Science and technology in the modern world: traditions and innovations]. – Novosibirsk.: SNI, 2015. – P. 141-143. [in Russian].
9. Saidova SH.A., Petrosova I.A., Andreyeva Ye.G. Obzor sovremennykh metodov proyektirovaniya ergonomichnoy odezhdy [Review of modern methods of designing ergonomic clothing] // Modern problems of science and education. – 2014. – No. 4 (54). [in Russian].
10. Smirnova N.I., Konopal'tseva N.M. Proyektirovaniye konstruktsiy shveynykh izdeliy dlya individual'nogo potrebitelya [Design of garment structures for the individual consumer]. – Moscow: Forum, Infra-M, 2016. – 432 p. [in Russian].
11. GOST 31399-2009. Klassifikatsiya tipovykh figur muzhchin po rostam, razmeram i polnotnym gruppam dlya proyektirovaniya odezhdy [Classification of typical male figures by height, size and fullness groups for clothing design]. – Introduced. 2010-07-01. – Moscow: Standartinform, 2012. – 22 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.33.81

Ә.Ж. Ризабекова[1] – *негізгі автор*,
А.Ж. Талгатбекова[2], **Л.К. Шильдебаева**[3]

[1]*Магистр*, [2,3]*Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0000-6198-0901* [2]*https://orcid.org/0000-0002-4041-4545*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-8655-9707*

[1,2]*Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан*
[3]*Қорқыт Ата атындағы университеті, Қызылорда қ., Қазақстан*

@ [1]*rizabekova_a@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/MLOC7751

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНІҢ ӘСКЕРИЛЕНДІРІЛГЕН КҮЗЕТІНІҢ АРНАЙЫ КИІМДЕРІН ЖОБАЛАУ

Аңдатпа. Қазақстанда теміржол көлігіндегі әскерилендірілген күзет қызметін ішкі істер министрлігіне бағынатын арнайы күзет бөлімшелері жүзеге асырады. Мақалада әскери теміржол құрамалары қызметкерлерінің киімдеріне қойылатын эргономикалық талаптар мен қызмет саласына байланысты қозғалыс түрлері классификациясы талданады. Қозғалыс барысында өзгеретін және киімнің құрылымына әсер ететін матаның физикалық-механикалық қасиеттері анықталып, талданған, бұл арнайы әскери теміржолшыларына ұсынған форманы бейнелейтін киім үлгісін көрсетеді. Арнайы киімнің қызметкерлерді қорғайтын қасиеттері, климаттық жағдайларға бейімделуі және фунционалдық талаптарға сәйкестігі талданады. Сонымен қатар, халықаралық стандарттарға сәйкес киімнің сапасын арттыру және қазіргі заманғы технологияларды пайдалану мүмкіндіктері талданған. Осы мақалада теміржол көлігіне арналған әскери күзет қызметкерлеріне арналған арнайы киім жобалауға қатысты мәселелер қарастырылады. Арнайы киімнің қызметтік міндеттерді орындауға жарамдылығы, қорғаныштық қасиеттері, материал құрамының ерекшеліктері талданады. Сондай-ақ, киім дизайнын жетілдірудің қазіргі заманғы тәсілдері, технологиялық талаптар мен қауіпсіздік стандарттары қарастырылады. Мақалада арнайы киім өндірісінде қолданылатын инновациялық материалдар, қорғаныс деңгейін арттыратын конструктивтік шешімдер және оны арттыру жолдары бойынша ұсыныстар келтірілген.

Тірек сөздер: теміржол, арнайы киім жиынтығы, әскерилендірілген күзет, физико-механикалық талап, әдіс.

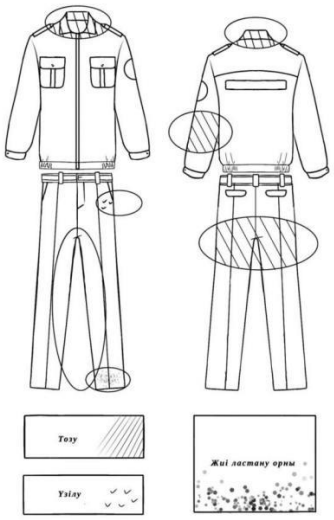
Ризабекова,Ә.Ж. Теміржол көлігінің әскерилендірілген күзетінің арнайы киімдерін жобалау [Мәтін] / Ә.Ж. Ризабекова, А.Ж. Талгатбекова, Л.К. Шильдебаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.427-435. https://doi.org/10.55956/MLOC7751

Кіріспе. Теміржол көлігі – мемлекеттің стратегиялық инфрақұрылымының маңызды бөлігі, ал оның қауіпсіздігі мен тұрақты жұмыс істеуі үлкен жауапкершілікті талап етеді. Осы мақсатта теміржол көлігінің әскерилендірілген күзеті құрылып, олар жолаушылар мен жүк тасымалының қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Қызметкерлердің кәсіби міндеттерін тиімді орындауы үшін арнайы киімнің сапасы, ыңғайлылығы

және қорғаныс мүмкіндіктері үлкен маңызға ие [1]. Арнайы киім тек қызметкерлерді қорғайтын құрал ғана емес, сонымен қатар олардың танымдық белгісі, мәртебесі мен қызметінің ерекшелігін айқындайтын элемент болып табылады. Киімнің сапасы, материалдық құрамы, тігілуі және эргономикасы қызметкерлердің жұмыс жағдайларына тікелей әсер етеді [2].

Осыған байланысты «Әскерилендірілген теміржол күзеті» үшін ұтымды нысанды арнайы киім жасау мәселесі көтерілді, онда қызметкердің эргономикалық іс- әрекеттері ескеріліп,топографиялық зақымданған жерлері бойынша, конструкциялық және технологиялық бөлімдеріне өзгертулер енгізу қолға алынды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Теміржол көлігінің әскерилендірілген күзетіне дайындалатын материалдардың физико-механикалық қасиеттерін зерттеу – маңызды бағыттардың бірі, себебі теміржол көлігін қорғау және күзету үшін қолданылатын материалдар тек функционалдық ғана емес, сонымен бірге қауіпсіздік және эргономикалық талаптарға да жауап беруі тиіс [3]. Әскерилендірілген күзет қызметінің жұмысы көбінесе экстрималды жағдайларда жүргізілетіндіктен, материалдардың физико-механикалық қасиеттері ГОСТ 12.4.280-2014 бойынша және топографиялық тозуы арнайы киімнің осал тұстарын көрсетіп, конструкция және технологиясы бойынша өзгертулерді анық көрсетеді (1-сурет) [4].



Сурет 1. Өндірістік факторлардан арнайы киімнің зақымдану орындарының топографиясын талдау

Теміржол көлігіндегі әскерилендірілген күзет бөліміне арналған нысанды киімдерді әзірлеу үшін осы жұмыста Чайковский тоқыма фабрикасының (Ресей) және Многотекстің (Беларусь) ассортиментінің материалдары ұсынылды (Негізгі мата ретінде арт 81421 таңдалынды, астар мата ретінде арт 402587, арнайы сақтық шаралары үшін жарқырауық лента арт 203145) [5].Ұсынылған маталардың ұзындығы оларды негізгі жіптердің бағытымен, ал ені тоқыма жіптерінің бағытымен, яғни жиектері бар негіз жіптеріне перпендикуляр өлшеу арқылы анықталды. Тіндердің қалыңдығы 0,30-дан 0,90 мм-ге дейін, ұсынылған материалдардың беткі тығыздығы 145-тен 250 г/м^2-ге дейін өзгерді.

Әскерилендірілген теміржол қызметкерлерінің арнайы киім жиынтығының сусіңіргіштік, ауа өткізгіштік және мата түсінің беріктігі көрсеткіштері және үзу күшінің беріктігі ГОСТ Р ИСО 6330-99 бойынша Алматы Технологиялық Университетінің зертханасында сынақтан өткізілді (1-кесте) [6].

Кесте 1

Ұсынылатын материалдар үлгілерінің техникалық сипаттамасы

Үлгі №	Артикул	Матаның талшықты құрамы	Қосымша қасиеттері	Өрім түрі	Ені, мм	Қалыңдығы, мм	Беттік тығыздығы г/м^2
1	81421	ПЭ+мақта	МВО	Саржалық	150	0,80	250
2	4с5-230601	Мақта+ПЭ	ВО	Саржалық	150±2,5	0,90	250
3	4с5-261002	Мақта+ПЭ	МВО	Саржалық	150±2,5	0,90	250
4	18012	Мақта+ПЭ	МО	Жаймалық	150	0,70	150
5	87001	Вискоза+ПЭ	О	Жаймалық	145	0,70	160
6	8с55-261002	Вискоза+мақта	МУ	Саржалық	150	0,30	125
7	2069	Вискоза+ПЭ	МУ	Саржалық	150	0,35	125
8	81411	ПЭ+мақта	МВО	саржалық	150	0,80	250

Бірінші сынақ: матаның су өткізгіштік қасиеттері AP-360SM құрылғысында анықталды. Беттік тығыздығы төмен маталар үшін өлшеу ГОСТ 12088-77 сәйкес жүргізіледі. Бұл құрылғы 0,5-390 см^3/см^2 шамаларында өлшеуге мүмкіндік береді [7]. Тәжірибені бастамас бұрын резервуардағы, көлбеу және тік манометрдегі су деңгейін тексеру керек. Құрылғыны электр желісіне дұрыс қосуды қамтамасыз ету керек. Маталардың тығыздығына байланысты, маталардың ауданы бар дөңгелек тесіктердің бірі ауыстырылатын үстелге салынады 1, 1,4, 2, 3, 4, 6, 8, 11 және 16 см^2. Содан кейін материалдың үлгісі сирету өлшемінің үстіне қойылады және қысқышпен басылады. Құрылғының желдеткішін іске қосып, көлбеу манометрдегі гидростатикалық қысым 12,7 мм-ге жақындаған кезде біз зерттеуді тоқтатамыз және белгілі бір гидростатикалық қысымды көрсететін тік есептегішке қараймыз [8]. Арнайы кестенің көмегімен біз сыналатын үлгінің ауа өткізгіштігінің көрсеткішін см^3/см^2 бірнеше сек анықтаймыз (2-кесте).

Кесте 2

Ұсынылатын материалдар үлгілерінің ауа өткізгіштік көрсеткіштері

Үлгі №	Артикул	Бастапқы салмақ (г)	Ылғал әсерінен кейінгі салмақ (г)	Экспозиция уақыты (сек)	Салыстырмалы ылғалдылық (%)
1	81421	26,3	29,2	13	100
2	4с5-230601	25,3	28,5	10	80
3	4с5-261002	25,6	28,2	12	70
4	18012	26,2	29,3	10	80
5	87001	26,0	29,2	8	60
6	8с55-261002	25,0	28,0	8	60
7	2069	25,8	28,1	11	70
8	81411	26,1	27,5	9	90

Зерттеуді қорытындылай келе маталардың су өткізгіштігі ГОСТ 12088-77 сәйкес жүргізілді. Зерттеуге алынған әскерилендірілген теміржол киімін дайындайтын маталардың түрлеріне көп жағдайда кездесетін сегіз материал түрі таңдалынды. AP-360SM құрылғысына 1,4 дөңгелекті тесіктерді үстелге орнату арқылы ауа өткізгіштіктері анықталынды [9]. Маталардың ауа өткізгіштігін зерттеу нәтижесінде ұсынылған сегіз маталардың ішінен Артикулы 81421 және Артикулы 87001 материалдары 29,2 г, Артикулы 81414 материалы 27,2 г мәндерді көрсетті. Артикулы 81421 материалы сынақты жақсы нәтижемен қорытындылады.

Екінші сынақ: үзілу күші материалдың күштілігі мен қауіпсіздігі үшін аса маңызды көрсеткіш болып табылады, өйткені бұл қасиет материалдың қолданылу мерзімін және оны ауыр жағдайларда пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Матаны сынау ГОСТ 3813-72 сәйкес жүргізілді. Негіз үшін жүктеме бөлек, ал арқау үшін бөлек анықталады [10]. Ол үшін РМТ-150 және RT-250m құрылғысы қолданылады.

Арнайы киімді пайдалану процесінде маталар механикалық кернеулерге ұшырайды, мысалы, созылу, иілу, үйкелістің өзгеруі және т.б. созылу өз кезегінде созылу беріктігімен, созылу ұзындығымен, төзімділікпен және т.б. иілу қаттылықпен, мыжылумен және т.б. үйкеліс әсерінен өзгеруімен, жіптердің бұзылуымен және т.б. сипатталады. Осыған сүйене отырып, жыртылу беріктігі РТ-250м-2 машинасында стрип әдісі бойынша жүктеме арқылы анықталды [11]. Сынақтар жыртқыш машинаның екі қысқышына бекітілген және жыртылғанға дейін созылған ені 50 мм және ұзындығы 200±10 мм ұсынылған материалдардың үлгілерінен өтті. Үлгілер саны – 3, сыналған материалдардың үлгілері суретте көрсетілген. Осылайша, сынақтар нәтижесінде алынған беріктік сипаттамаларының көрсеткіштері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Ұсынылған материалдардың деформация беріктігі сипаттамаларының көрсеткіштері

Мата атауы	Үзу күші Н			Үзу кезіндегі созылуы, мм		
	№1	№2	№3	№1	№2	№3
81421	0,924	0,92	0,914	26	26,5	27
4с5-230601	0,92	0,929	0,925	45	48	48
4с5-261002	0,929	0,920	0,931	45	40	47
18012	0,50	0,542	0,52	18	18	18
87001	0,60	0,62	0,56	27,5	27,5	27,5
8с55-261002	0,375	0,41	0,39	34	34	31
2061	0,46	0,47	0,453	25	25	24
81411	0,92	0,921	0,919	30	30	31

Маталардың үзілу күшін зерттеу стандартқа сәйкес негіз бойынша 34, және арқау бойынша 24 кем болмауы қажет [12]. Нәтижесінде ұсынылған үш маталардың ішінен теміржолшылар киімін дайындау үшін Артикул 81421 Артикул 87001 және Артикул 81411 стандартқа сай келді. Артикул 81421 материалы арқау – 120, негіз – 100 көрсетті. Артикул 87001 материалы арқау – 100, негіз – 96 көрсетті, Артикул 81356 материалы арқау – 115, негіз – 100 көрсетті Таңдалынған маталардың ішінен зерттеу барысында ең тиімді нұсқа ретінде Артикул 81421 материалы алынды.

Үшінші сынақ: арнайы киім материалдарын дайындау және пайдалану процесінде, сондай-ақ жуу және химиялық тазалау кезінде материалдың сыртқы түрі мен қасиеттерінің нашарлауына ұшырайды. Нәтижесінде тозу процесі жүреді, яғни тозу және жоғарыда аталған факторлардың әрекетіне төзімділік тозуға төзімділік деп аталады [4]. Сонымен, стандартты ДИТ-М құрылғысында зертханалық жағдайда ұсынылған материалдардың тозуға төзімділігі анықталды. Маталарды сынау үшін диаметрі 27 + 1 мм сынамалар қолданылды. Сынамалар бұзылған кезде құрылғы автоматты түрде тоқтайды, содан кейін циклдар саны жазылады. Сынақ нәтижелері 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4

Ұсынылған материалдардың тозуға төзімділігін сынау нәтижелері

Артикул	Көрсеткіш нәтижелері			Орташа мәндер көрсеткіштері, айн/мин
	1-ші	2-ші	3-ші	
81421	5069	11696	17463	11409,3
4с5-230601	1941	20869	5392	9400,7
4с5-261002	52287	51111	37765	47053,3
18012	5671	4016	1406	3697,7
87001	55545	2445	1048	19679,3
8с55-261002	164	103	55	107,3
2061	101	28	27	52
81411	51621	17592	8249	25820,7

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Әскерилендірілген теміржол қызметкерлерінің арнайы киімін жобалау мақсатында эксперимент жүргізудің техникалық қамтамасыз етілуі мен әдістемесі әзірленді.

Арнайы киімдердің әзірленген жиынтығына шалбар, күртеше, жейде және еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ететін сигналды жилет кіреді. Әскерилендірілген күзет бөлімінің арнайы кииміне негізгі матаның 8 түрі сынақтан өткізілді. Негізгі мата ретінде қою көк түсті премьер стандарт 250 матасы (артикул 81421) таңдалды, сынақ нәтижелері бойынша гигиеналық, физико-механикалық, эстетикалық және эксплуатациялық талапқа толығымен сай екендігін көрсетті. Әскерилендірілген теміржол қызметкерлеріне арналған арнайы киім: күртеше, шалбар және футболкадан тұрады. Арнайы киім тік силуэтті. Алдыңғы бойда екі жапсырмалы қақпақшалы қалтамен. Белі резеңкемен қыналған. Күртеше сыдырмамен. Шалбар тік силуэтті. Шалбардың жан бөлігінде жарқырайтын лентамен өңделген. Шалбар жан қалтамен, тізе тұсында қимыл-қозғалыста жеңілдік үшін қосымша матамен өңделген, белі резеңкемен, жан қалтамен және шалбар етегі ұзартып қысқартылатын карабинмен өңделген. Күртеше артқы бойы иінішпен, орта тігіссіз. Артқы бой орта тігісінен 12 см қашықтықта «Күзет» логоттипімен. Шалбар артқы бойы 2 бүкпемен, шалбардың артқы бойында қақпақшалы қалтамен безендірілген. Күртеше жеңі қондырмалы, бір тігісті, шыңтақ бөлігінде күшейтілген, сол жақ орта тігісінен 8 см арақашықтықта айырым белгісімен. Жең ұзындығы білезікке дейін. Жең аузы манжетпен. Еңбек қауіпсіздігін сақтау мақсатында шалбардың жан тігісіне жарқырауық таспа жолақшалары (артикул 150046779) бастыра тігіледі, күртенің сыртынан арнайы сигналды жилет киіледі. Бұл теміржол қызметінде, апаттық жағдайдың алдын алады.

Талдау нәтижесі бойынша арнайы киімді тұтынушы таарапынан арыз шағымдарын ескере отырып, матаның сыртқы көрінісі, технологиясы және конструкцияларына сәйкес қолданыстағы киімнен өзгеше маркетингтік сауалнама жүргізе отырып әскерилендірілген теміржол қызметкерлеріне жаңа арнайы киімді конструкция жағынан өзгерту қолға алынды (2-сурет).

Сурет 2. Әскерилендірілген теміржол қызметкерлерінің арнайы киімінің конструкциялық шешімдерін ескере отырып жасалынған техникалық эскизі

Қорытынды. Зерттеуде әскерилендірілген теміржол қызметкерлерінің еңбек жағдайындағы қимыл қозғалыстары ескеріліп, топографиялық тозу көрсеткіштері көрсетілді. Талдау мақсатында арнайы киімнің матаның композициялық жәнне физико-механикалық жағдайлары ескеріліп, тұтынушы талабына сай мата таңдалынды. Зерттеу қорытындысы бойынша әскерилендірілген теміржол қызметкерлеріне арнайы киімді күртеше, шалбар, жейде және сигналдық жилеттен құралды. Әскеилендірілген темір жол қызметкерлерінің арнайы киім жиынтығының функционалдық мүмкіндіктері кеңейтілді, қызмет барысында киюге ыңғайлы, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ететін және заманауи киім жиынтығының бәсекеге қабілеттілігі жоғарылады. Теміржол саласында қызмет етуге, тозу көрсеткіші төмен, матаның талшықтық құрамына байланысты су, май т.б. өндірістік факторларға сай жиынтық жобаланды. Мұндай арнайы киім жиынтығы теміржол қызметкерлеріне жоғары қауіпсіздік пен жайлылық жағдайында жұмыс істеуге мүмкіндік береді, оларды өндірістік жарақаттар мен зақымданулардан қорғайды. Арнайы киім тұтынушыға жайлылық сезімі мен форманың ұзақ уақытқа дейін бастапқы қалпын жоғалтпай, эргономикалық талаптарына сай қолданылуын қамтамсыз етеді.

Талдау нәтижесінде арнайы форманың негізгі талаптарға сай болуы қажет екені анықталды: ол беріктік, ыңғайлылық, климаттық жағдайларға төзімділік және қауіпсіздік стандарттарына сәйкес болуы тиіс.

Болашақта теміржол қызметкерлерінің арнайы формасын жетілдіру үшін жаңа технологияларды енгізу, сапалы маталар қолдану және қызметкерлердің пікірлерін ескере отырып, киімнің қолайлылығын арттыру маңызды. Бұл олардың еңбек өнімділігіне оң әсер етіп, теміржол саласындағы қауіпсіздік деңгейін көтеруге ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них метод определения воздухопроницаемости [Текст]. – Введ. 01.01.79. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
2. ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия Методы определения разрывных характеристик при растяжении [Текст]. – Введ. 01.01.73. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 20 с.
3. [?] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 6 (384). – С. 191-193.
4. Мокеева Н.С. Исследование деформационных свойств и оптимизация скорости настилания трикотажного полотна Softshell [Текст] / Н.С. Мокеева [и др.] //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – №. 5. – С. 159-163.
5. [?] Политранспортные системы [Текст] // Материалы XII Международной научно-технической конференции. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 207-212.
6. [?] // Известия петербургского университета путей сообщения. – 2023. – Т. 20. – № 2. – С. 396-403.
7. Ганиева, Г.А.Ә. Көркемдік жобалау негізінде теміржол көлігі қызметкерлеріне арналған нысанды киім әзірлеу [Мәтін]: дис. ... магистр техн. наук / Г.А Ә. Ганиева. – Алматы: Алматы Технологиялық Университеті, 2012. – 80 с.
8. Рысқұлова, Б.Р. Тігін өндірісінің материалтануы [Мәтін]: оқулық / Б.Р. Рысқұлова, Ж.Ш. Маханова. – Алматы: Полиграфкомбинат, 2021. – 320 б.
9. Феоктистова О.Г. Экономический механизм снижения травматизма и профзаболеваний в строительной отрасли [Текст] / О.Г. Феоктистова, Е.Г. Костюченко // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 3. – С. 121-128.
10. Шанина Е.В. Анализ производственного травматизма на одном из предприятий города Красноярска [Текст] / Е.В. Шанина // Фундаментальные исследования. – 2020. – № 2-22. – С. 4893-4896.
11. Сарсенбекова, М. Анализ производственного травматизма в энергетике [Текст] / М. Сарсенбекова // Материалы Международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии – новые идеи и перспективы», приуроченной к 125-летию С. Сейфуллина: Т. II. – Ч. 1. – [?], 2023. – С. 240-243.
12. Кузьмина, О.В. Снижение уровня производственного травматизма в исследуемой организации [Текст] / О.В. Кузьмина, А.К. Искакова // Молодой ученый. – 2022. – № 26(130). – С. 55-58.

Материал редакцияға 20.02.25 түсті, 18.03.25 қабылданды.

Ә.Ж. Ризабекова[1], А.Ж. Талгатбекова[1], Л.К. Шильдебаева[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦОДЕЖДЫ ВОЕНИЗИРОВАННОЙ ОХРАНЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В Казахстане военизированную охрану на железнодорожном транспорте осуществляют подразделения специальной охраны, подчиненные Министерству внутренних дел. В статье анализируются эргономические требования к одежде работников военизированных железнодорожных формирований и классификация движений по сфере деятельности. Определены и проанализированы физико-механические свойства ткани, которые изменяются в процессе движения и

влияют на конструкцию одежды, отражающую образ предлагаемой униформы специально военизированных железнодорожников. Проанализированы защитные свойства специальной одежды для работников, ее приспособленность к климатическим условиям, соответствие функциональным требованиям. Кроме того, рассмотрены возможности повышения качества одежды в соответствии с международными стандартами и с использованием современных технологий. В данной статье рассматриваются вопросы проектирования специальной одежды для сотрудников военизированной охраны железнодорожного транспорта. Анализируются пригодность специальной одежды для выполнения служебных обязанностей, ее защитные свойства, особенности, состав материала. В нем также рассматриваются современные подходы к совершенствованию дизайна одежды, технологические требования и стандарты безопасности. В статье представлены инновационные материалы, используемые при производстве специальной одежды, конструктивные решения, повышающие уровень защиты, и рекомендации по путям его повышения.

Ключевые слова: железная дорога, комплект специальной одежды, военизированная охрана, физико-механические требования, метод.

A.Zh. Rizabekova[1], A.Zh. Talgatbekova[1], L.K. Shildebayeva[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

DESIGN OF SPECIAL CLOTHING FOR THE MILITARIZED RAILWAY TRANSPORT SECURITY PERSONNEL

Abstract. In Kazakhstan, the militarized security on railway transport is carried out by special security units subordinate to the Ministry of Internal Affairs. This article analyzes the ergonomic requirements for the clothing of workers in militarized railway formations and the classification of movements according to their scope of activity. The physical and mechanical properties of fabrics, which change during movement and affect the clothing design, reflecting the image of the proposed uniform characters for specially designated railway security personnel, are identified and analyzed. The protective properties of special clothing for workers, its adaptation to climate conditions, and compliance with functional requirements are also examined. Furthermore, the article explores ways to improve the quality of clothing in accordance with international standards and using modern technologies. This article addresses the issues of designing special clothing for employees of militarized railway security. The suitability of special clothing for performing official duties, its protective properties, material composition, and characteristics are analyzed. The article also discusses modern approaches to improving clothing design, technological requirements, and safety standards. Innovative materials used in the production of special clothing, structural solutions that enhance protection, and recommendations for improving its performance are presented.

Keywords: railway, special clothing set, militarized security, physical and mechanical requirements, method.

References

1. GOST 12088-77 Materialy tekstil'nyye i izdeliya iz nikh metod opredeleniya vozdukhopronitsayemosti [Textile materials and products made from them. Method for determining air permeability]. – Introduced. 01.01.79. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2003. – 11 p. [in Russian].
2. GOST 3813-72 Materialy tekstil'nyye. Tkani i shtuchnyye izdeliya Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik pri rastyazhenii [Textile materials. Fabrics

and piece goods. Methods for determining tensile breaking properties]. – Introduced. 01.01.73. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2003. – 20 s. [in Russian].

3. [?] // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – No. 6 (384). – P. 191-193. [in Russian].
4. Mokeyeva N.S. et al. Issledovaniye deformatsionnykh svoystv i optimizatsiya skorosti nastilaniya trikotazhnogo polotna Softshell [Study of deformation properties and optimization of the laying speed of Softshell knitted fabric] //Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – No. 5. – P. 159-163. [in Russian].
5. [?] Politransportnyye sistemy [Polytransport systems] // Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference. – Novosibirsk: Siberian State University of Railway Engineering, 2022. - P. 207-212. [in Russian].
6. [?] // News of the St. Petersburg University of Railway Engineering. – 2023. – Vol. 20. – No. 2. – P. 396-403. [in Russian].
7. Ganiyeva, G.A.Ə. Körkemdík zhobalau negízínde temírzhol kölígí k¸yzmetkerleríne arnalǵan nysandy kiím əzírleu [Development of uniforms for railway transport workers based on artistic design]: dis. ... Master Of Technical Sciences / G.A Ə. Ganiyeva. – Almaty: Almaty Technological University, 2012. – 80 p. [in Russian].
8. Ryskulova, B.R., Makhanova, ZH.SH. Tígín öndírísíníń materialtanuy [Materials science of the garment industry]: textbook. – Almaty: Poligrafkombinat, 2021. – 320 p. [in Russian].
9. Feoktistova O.G., Kostyuchenko Ye.G. Ekonomicheskiy mekhanizm snizheniya travmatizma i profzabolevaniy v stroitel'noy otrasli [Economic mechanism for reducing injuries and occupational diseases in the construction industry] // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2021. – No. 3. – P. 121-128. [in Russian].
10. Shanina Ye.V. Analiz proizvodstvennogo travmatizma na odnom iz predpriyatiy goroda Krasnoyarska [Analysis of industrial injuries at one of the enterprises of the city of Krasnoyarsk] // Fundamental research. – 2020. – No. 2-22. – P. 4893-4896. [in Russian].
11. Sarsenbekova, M. Analiz proizvodstvennogo travmatizma v energetike [Analysis of industrial injuries in the energy sector] // Proceedings of the International scientific and theoretical conference: «Seyfullinskiye chteniya – 15: Molodezh', nauka, tekhnologii – novyye idei i perspektivy», priurochennoy k 125-letiyu S. Seyfullina ["Seifullin Readings - 15: Youth, Science, Technology - New Ideas and Prospects", dedicated to the 125th anniversary of S. Seifullin]: Vol. ÍI. – Part. 1. – [?], 2023. – P. 240-243. [in Russian].
12. Kuz'mina O.V., Iskakova A.K. Snizheniye urovnya proizvodstvennogo travmatizma v issleduyemoy organizatsii [Reducing the level of industrial injuries in the studied organization] // Young scientist. – 2022. – No. 26(130). – P. 55-58. [in Russian].

МРНТИ 64.01.92

Е.А. Рубаненко[1] – *основной автор*, ©
Р.О. Жилисбаева[2], **А.Д. Құрманғали**[3], **Л.К. Шильдебаева**[4]

[1,3]Магистрант, [2]Д-р техн. наук, профессор,
[4]Канд. техн. наук, ассоц. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0001-2326-2885 [2]https://orcid.org/0000-0002-5722-4617*
[3]https://orcid.org/0009-0003-5309-1225 [4]https://orcid.org/0000-0002-8655-9707

[1,2,3]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[4]Кызылординский университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

@ [1]lizarubanenko@gmail.com

https://doi.org/10.55956/PVGD3113

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

Аннотация. Пожарные выполняют важную задачу по обеспечению безопасности людей и тушению пожаров. Они оперативно реагируют на чрезвычайные ситуации, ликвидируют возгорания, эвакуируют пострадавших и оказывают первую помощь. Поскольку работа пожарных связана с постоянным риском, очень важно, чтобы их одежда имела высокий уровень защиты. В статье рассматриваются вопросы о необходимости применения инновационных огнезащитных текстильных материалов. Рассматриваются основные вредные производственные факторы, воздействующие на пожарных в процессе выполнения работы. Основными поражающими факторами в работе пожарных являются: воздействие открытого пламенм и повышенных температур, воздействия потоков воды, токсичные выбросы. Проведен анализ существующих материалов и пакетов, выявлены их недостатки. Исследованы и разработаны многослойные пакеты материалов для боевой одежды пожарных с целью повышения их физико-механических свойств. В ходе исследования были разработаны и испытаны шесть вариантов многослойных пакетов, включающих современные термостойкие материалы. Был отобран образец пакета материалов с оптимальными физико-механическими характеристиками, рекомендуемый для дальнейшего использования в производстве боевой одежды пожарных.

Ключевые слова: боевая одежда пожарных, опасные вредные производственные факторы, пакет материалов, физико-механические свойства, испытания, оборудование, теплопроводность, водоупорность.

Рубаненко, Е.А. Разработка новых пакетов материалов для боевой одежды пожарного [Текст] / Е.А. Рубаненко, Р.О. Жилисбаева, А.Д. Құрманғали, Л.К. Шильдебаева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.436-445. https://doi.org/10.55956/PVGD3113

Введение. Боевая одежда пожарного (БОП) – специальная одежда, предназначенная для защиты человека от опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров. БОП обеспечивает защиту от высокой температуры, тепловых потоков большой интенсивности

и возможных выбросов пламени, изготавливается из термостойких тканей со специальными пропитками или покрытиями [1].

Пожарная служба относится к видам деятельности, которые постоянно сталкиваются с опасностью. Они спасают миллионы жизней в чрезвычайных обстоятельствах, выполняя свой долг перед населением. При этом пожарные часто подвергаются опасным вредным производственным факторам (ОВПФ), такие как:

– физические (высокие и низкие температуры, подвижные механизмы, пониженная освещенность и др.);

– химические (токсичные, раздражающие, канцерогенные и мутагенные вещества);

– психологические (чрезмерные физические и нервно-психические нагрузки) [2].

Основной защитой от ОВПФ является боевая одежда пожарного которая обеспечивает защиту от экстремальной среды. В основе БОП лежит понятие «Пакет теплоизоляционных материалов». Пакетом теплоизоляционных материалов называют совокупность всех материалов соединенных между собой. Согласно [3,4] пакет материалов состоит из: ткани верха, водоупорного слоя, теплоизоляционной подкладки и подкладки.

Из-за высокого уровня травм в виде ожогов пожарного и несоответствия срока эксплуатации существующей специальной одежды необходимы дополнительные исследования в области текстильных материалов, включая разработку новых технологий для создания теплозащитных текстильных материалов.

Спецодежда для пожарных в РК изготавливается из материалов привезенных зарубежными компаниями из синтетических и дорогостоящих материалов. Однако эта одежда не достаточно эффективна по своим эксплуатационным свойствам и разрушается после 6 месяцев использования, что ставит жизни пожарных под угрозу [5].

В настоящее время огнезащитные материалы представлены в широком ассортименте, начиная от температурной устойчивости (термостойкости) и прочности до стоимостных характеристик и экологичности в использовании. В Казахстане рынок огнезащитных материалов представлен зарубежными производителями: «Klopman» (Италия), «Westex», «Fire-Dex» (США), «Carrington» (Великобритания), «IBENA Textilwerke GmbH» (Германия), «Finlayson Forssa» (Финляндия), «TinCate» (Голландия), «Levitex FR» (Китай), ТД «Чайковский текстиль» (Россия), фирма «Родники-Текстиль», компания «Солтек», ИП «Альфаэнерго», компания «Спецзащита», ЗАО «Элиот», ООО «Тосно-Текс», ЗАО «АСО» и другие [5,6].

Условия и методы исследования. Проведено исследование по определению оптимального состава пакетов материалов для боевой одежды пожарных с целью защиты от ОВПФ и повышения физико-механических свойств пакетов материалов для работников пожарной службы. Проведены физико-механические испытания материалов (исследования проводились для каждого слоя костюма, а также для разработанных многослойных пакетов). Разработаны семь вариантов многослойных пакетов БОП.

Пакет материалов первого испытательного образца «Fabric TDZ-240» «PTFE пленка» (арт. Spf70z), Шерсть 0,5 (арт. 77-ИНМ-016), «ARAMID 1313» (арт. 77-НПМ-054), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов второго испытательного образца «PTFE moisture barrier» (арт. SL51905249), Арамид нетканый 100% (арт. E007831), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов третьего испытательного образца «ARAMID 1414» (арт. 77-БА-032 АП), Шерсть 0,5 (арт. 77-ИНМ-016), «ARAMID 1313» (арт. 77-НПМ-054), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов четвертого испытательного образца «Fabric TDZ-240» (арт. 2017CN0220), «PTFE пленка» (арт. Spf70z), Арамид нетканый 100% (арт. E007831), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов пятого испытательного образца «ARAMID 1414» (арт. 77-БА-032 АП), Арамид нетканый 100% (арт. E007831), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов шестого испытательного образца «PTFE moisture barrier» (арт. SL51905249), Шерсть 0,5 (арт. 77-ИНМ-016), «ARAMID 1313» (арт. E007831), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Пакет материалов седьмого испытательного образца «Fabric TDZ-240» (арт. 2017CN0220), «PTFE пленка» (арт. Spf70z), Шерсть 0,5 (арт. 77-ИНМ-016), Арамид нетканый 100% (арт. E007831), «Flame Retardant» (арт. 10005a-M).

Результаты исследований и их обсуждение. Для испытаний были определены основные критерии и факторы влияющие на физико-механические свойства спецодежды пожарных.

Для исследуемых текстильных материалов были проведены испытания по определению фактических значений показателей качества и безопасности.

Перед физико-механическими испытаниями все исследуемые образцы выдерживались согласно ГОСТ при температуре (20±2)°С и относительной влажности (65±2)% не менее 24 часов [7].

Таблица 1

Сравнительный анализ ткани верха для спецодежд пожарных по техническим характеристикам

Название / Характеристика		НД на методы Испытаний, нормы по НД	Fabric TDZ-240	PTFE moisture barrier	Aramid 1414
Состав		НД не нормируется	93% мета-арамид, 5% пара-арамид, 2% антиститическая нить	80% мета-арамид, 20% пара-арамид	100% пара-арамид с покрытием полиуретан
Поверхностная плотность г/м²		ГОСТ 11209-2014 201-280	240	200	280
Разрывная нагрузка	основа	ГОСТ 11209-2014 не менее 1000	1700	1350	3392
	уток	ГОСТ 11209-2014 не менее 800	1300	900	2259
Толщина, мм		НД не нормируется	0,49	0,67	0,46
Воздухо-проницаемость дм^3/м^2		ГОСТ 11209-2014 не менее 20	85,6	28	30
Кислородный индекс %		ГОСТ Р 53264-2019 не менее28	33	35,5	45,6

Из результатов испытаний таблицы 1 выявлено, что все ткани верха имеют достаточно высокие показатели и соответствуют ГОСТам по всем ключевым показателям. Материалы обладает достаточной прочностью на разрыв, оптимальной поверхностной плотностью и высокой устойчивостью к воздействию огня, что обеспечивает надежную защиту пожарных.

Из таблицы также видно, что «ARAMID 1414» обладает самой высокой разрывной нагрузкой и кислородным индексом, что делает его наиболее прочным и огнестойким. Этот материал рекомендуется как для спецодежды пожарных, так и для деталей повышающих прочность (накладок), требующий максимальной защиты от огня и механических воздействий.

В то же время «PTFE moisture barrier» имеет самую низкую воздухопроницаемость, что усиливает защиту от ветра и влаги.

На рисунке показаны тепло-физические процессы происходящие с поверхностью материалов. «ARAMID 1414» (Рис. 1А) благодаря полиуретановому покрытию нанесенному на лицевую сторону материал имеет водоупорные свойства, позволяющее не намокать последующие слои БОП. Ткань состоит из пара-арамидных волокон, что гарантирует хорошую огнеупорность.

«PTFE moisture barrier» (Рис. 1Б) состоит из трех слоев, верхний из мета-арамидных волокон обеспечивает огнеупорность. Второй слой состоит из пленочного огнеупорного покрытия обладающее хорошими показателями водоупорности. Третий слой трикотаж из пара-арамидных волокон улучшающий показатели огнеупорности.

«Fabric TDZ-240» (Рис. 1В) за счет своего «ripstop» переплетения имеет водоотталкивающее свойства. За счет этого материал обладает воздухопроницаемостью. Благодаря составу волокон материал огнеупорен.

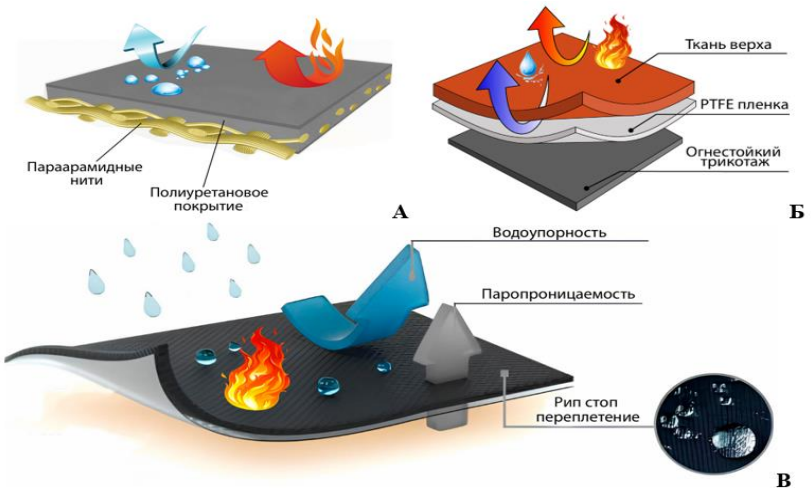


Рис. 1. Строение выбранных материалов
(«ARAMID 1414», «PTFE moisture barrier», «Fabric TDZ-240»)

Материал водоупорного слоя «PTFE Spf70z», представленный в таблице 2, состоит из двух слоев: тонкого пленочного покрытия на основе политетрафторэтилена и нетканого арамидного волокна. Сочетание этих материалов эффективно препятствует проникновению влаги, обеспечивая дополнительную защиту от воздействия воды и агрессивных сред.

Таблица 2

Анализ водостойкого слоя для спецодежды пожарных

№	Название	Состав	Поверхностная плотность г/м^2	Разрывная нагрузка		Толщина, мм	Влагопроницаемость г/ м^2*24ч	Устойчивость гидростатическому давлению, кПа.	Маслоотталкивающие свойства, (класс)
				основа	уток				
1	PTFE пленка Spf70z	93% мета-арамид, 7% Пара-арамид	114,3	250	210	0,5	7830	>50	4

В специальной одежде пожарных, теплоизоляционный слой (нетканый материал) играет важную роль, так как он обеспечивает дополнительную защиту от тепла и огня [8,9]. Из представленных данных таблицы 3 следует, что образцы обладают хорошими физико-механическими характеристиками.

Таблица 3

Сравнительный анализ теплоизоляционного слоя для спецодежд пожарных

№	Название	Состав	Поверхностная плотность г/ м^2	Толщина, мм	Воздухо проницаемость дм^3/м^2	Кислородный индекс %
1	Шерсть 0,5	овечья шерсть	349	2,4	220	25
2	Арамид 100%	100% арамид	525	3,5	216,6	39
3	ARAMID 1313	100% параарамид	200	1	160	35

Согласно таблице 4 образец «Flame Retardant» по прочности, поверхностной плотности и толщине имеет хорошие показатели для подклада. Материал состоит из вискозы и мета-арамидных волокон. Поэтому данный материал подклада будет рекомендован к использованию при проектировании нового огнезащитного пакета.

Таблица 4

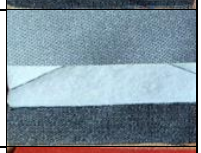
Сравнительный анализ подкладочного материал для спецодежд пожарных по техническим характеристикам

№	Название	Состав	Поверхностная плотность г/м^2	Разрывная нагрузка		Толщина, мм.	Воздухо проницаемость дм^3/м^2
				основа	уток		
1	Flame Retardant	50% мета-арамид, 50% FR вискоза	150	520	450	0,31	199,8

В таблице 5 представлен Сравнительный анализ разработанных пакетов материалов для спецодежд пожарных.

Таблица 5

Сравнительный анализ разработанных пакетов материалов для спецодежд пожарных

№	Состав материалов входящих в пакет	Толщина пакета, мм	Поверхностная плотность пакета, г/м^2	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м^2·°С)	Температура нагрева, за 240сек при тепловом потоке 5,0 кВт/ м^2 (не более 5°С)	Водоупорность, мм.вод.ст.	Образцы пакетов БОП
1	Fabric TDZ-240 PTFE пленка Spf70 Шерсть 0,5 ARAMID 1313 Flame Retardant	4,7	949	0,028	38,5	≥1500	
2	PTFE MOISTURE BARRIER Арамид нетканный 100% Flame Retardant	4,3	875	0,03	50	≥1500	
3	ARAMID 1414 Шерсть 0,5 ARAMID 1313 Flame Retardant	4,2	979	0,025	37,5	1100	
4	Fabric TDZ-240 PTFE пленка Spf70 Арамид нетканный 100% Flame Retardant	4,8	925	0,03	50	≥1500	
5	ARAMID 1414 Арамид нетканный 100% Flame Retardant	4,2	955	0,03	50	1100	
6	PTFE MOISTURE BARRIER Шерсть 0,5 ARAMID 1313 Flame Retardant	4,4	810	0,025	38	≥1500	
7	Fabric TDZ-240 PTFE пленка Spf70 Шерсть 0,5 Арамид нетканный 100% Flame Retardant	6,9	1010	0,021	36,8	≥1500	

На основании проведённых испытаний представленных в таблице 5 установлено, что все образцы разработанных пакетов материалов соответствуют требованиям действующих нормативных документов, в

частности [10]. Разработанные образцы могут использоваться в разработке БОП. Наилучшим образом себя показал образец №7 (Рис. 2А), несмотря на высокие показатели поверхностной плотности (1010 г/м²), он обладает лучшими показателями теплопроводности (0,021 Вт/(м²°С) обеспечивая лучшую защиту от теплового воздействия, а так же высокие показатели водоупорности (≥1500 мм).

Однако, наряду с ним, предлагается образец №6 (Рис. 2Б), отличающийся пониженной поверхностной плотностью (810 г/м²), что снижает вес спецодежды и повышает мобильность пожарных, сохраняя при этом высокий уровень защиты. Образец так же показывает низкие показатели коэффициента теплопроводности (0,025 Вт/(м²°С)

Таким образом, предложенные пакеты материалов позволяют применить их при экстремальных условиях эксплуатации в зависимости от потребностей пожарных подразделений.

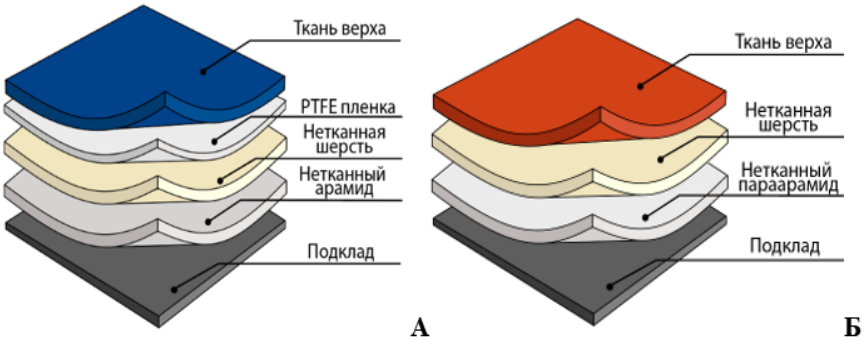


Рис. 2. Строение выбранных пакетов материалов для БОП

Заключение. В ходе исследования были разработаны и испытаны несколько пакетов материалов для специальной одежды пожарных, с целью улучшения термозащитных и эксплуатационных характеристик.

На основе проведенных исследований по полученным результатам были рекомендованы следующие пакеты материалов: Образец №7 («Fabric TDZ-240», «PTFE пленку Spf70», шерсть 0,5 мм, «арамид нетканый 100%» и «Flame Retardant»), образец №6 («PTFE moisture barrier», Шерсть 0,5, «ARAMID 1313», «Flame Retardant». По физико-механическим свойствам пакеты материалов отличаются низким коэффициентом теплопроводности, низкой температурой нагрева при тепловом потоке 5,0 кВт/м², что свидетельствует о высокой термозащитной эффективности. Кроме того, их водоупорность обеспечивает надежную защиту от проникновения влаги. что полностью отвечает стандартным показателям.

В настоящее время изготовлены опытные образцы БОП на ТОО «KAZPROTECT» и направлены на опытную носку в течении 1 года.

Список литературы

1. Таласпаева, А.А. Разработка нетканого материала с огнезащитными свойствами [Текст] / А.А. Таласпаева, Р.О. Жилисбаева, З.Д. Молдагажиева // Сборник материалов Международной заочной-научной конференции: Современные тенденции технических наук, 2015. – №2 (50) – С. 73-75.

2. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Текст]. – Введ. 2017.01.03. – Москв: Стандартинформ, 2016. – 10 с.
3. Кошкаров, В.С. Влияние стресс-факторов на психику пожарных [Текст] / В.С. Кошкаров, А.В. Трошунин // Актуальные вопросы современной психологии: материалы. Два комсомольца. – 2013. – №3 (12). – С. 53-55.
4. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. [Текст]. – Введ. 2015.06.04. – М.:Стандартинформ, 2009. – 37 с.
5. Таласпаева, А.А. Исследование прочностных характеристик нетканых образцов [Текст] / А.А. Таласпаева, Р.О. Жилисбаева, З.Д. Молдагажиева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности». – 2017. – №5 (24). – С. 126-128.
6. Рубаненко, Е.А. Актуальность вопроса в проектировании специальной защитной одежды пожарных [Текст] / Е.А. Рубаненко, Р.О. Жилисбаева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения – 22: академик Каныш Сатпаев – основоположник казахстанской науки». – 2024. – №1 (20). – С. 280-284.
7. ГОСТ 10681-75. Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения. [Текст]. – Введ. 1993.01.01. – Москв: Стандартинформ, 1993. – 29 с.
8. Сорокин, Д.В. Проектирование и исследование свойств теплозащитного композиционного текстильного материала для боевой одежды пожарного. [Текст]: дисс. … канд. техн. наук: 05.19.2021 / Сорокин Дмитрий Вячеславович. – М., 2021. – 153 с.
9. ГОСТ 15902.3-79. Полотна нетканые. Методы определения прочности. [Текст]. – Введ. 1990.01.04. – Москв: Стандартинформ, 1990. – 7 с.
10. ГОСТ Р 53264-2019. Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний. [Текст]. – Введ. 2022.01.01. – Москв: Стандартинформ, 2022. – 43 с.

Материал поступил в редакцию 20.02.25, принят 20.03.25.

Е.А. Рубаненко[1], Р.О. Жилисбаева[1], А.Д. Құрманғали[1], Л.К. Шильдебаева[2]

[1]Алматы Технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Қорқыт Ата атындағы университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

ӨРТ СӨНДІРУШІНІҢ ЖАУЫНГЕРЛІК КИІМІНЕ АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЖАҢА ПАКЕТТЕРІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Өрт сөндірушілер адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және өртті сөндіру бойынша маңызды міндеттерді орындайды. Олар төтенше жағдайларға жедел әрекет етіп, өртті жояды, зардап шеккендерді эвакуациялайды және алғашқы көмек көрсетеді. Өрт сөндірушілердің жұмысы тұрақты тәуекелге байланысты болғандықтан, олардың киімдерінің қорғаныс деңгейі жоғары болуы өте маңызды. Мақалада инновациялық отқа төзімді тоқыма материалдарын қолдану қажеттілігі қарастырылады. Жұмысты орындау барысында өрт сөндірушілерге әсер ететін негізгі зиянды өндірістік факторлар қарастырылады. Өрт сөндірушілердің жұмысындағы негізгі әсер ететін факторлар: ашық жалындар мен жоғары температураның әсері, су ағындарының әсері, улы шығарындылар. Жұмыста қолданыстағы материалдар мен пакеттерге талдау жүргізіліп, олардың кемшіліктері анықталды. Өрт сөндірушілердің физикалық-механикалық қасиеттерін арттыру мақсатында жауынгерлік киімдеріне арналған материалдардың көп қабатты пакеттері зерттелді және әзірленді. Зерттеу

барысында заманауи ыстыққа төзімді материалдарды қамтитын көп қабатты пакеттердің алты нұсқасы әзірленіп, сыналды. Өрт сөндірушілердің жауынгерлік киімдерін өндіруде одан әрі пайдалану үшін ұсынылатын оңтайлы физика-механикалық сипаттамалары бар материалдар пакетінің үлгісі таңдалды.

Тірек сөздер: өрт сөндірушілердің жауынгерлік киімі, қауіпті зиянды өндірістік факторлар, материалдар пакеті, физикалық-механикалық қасиеттері, сынақтар, жабдықтар, жылу өткізгіштік, суға төзімділік.

Y.A. Rubanenko[1], R.O. Zhilisbayeva[1], A.D. Kurmangali[1], L.K. Shildebayeva[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF NEW PACKAGES OF MATERIALS FOR FIREFIGHTER COMBAT CLOTHING

Abstract. Firefighters perform an important task to ensure the safety of people and extinguish fires. They promptly respond to emergencies, eliminate fires, evacuate victims and provide first aid. Since the work of firefighters involves constant risk, it is very important that their clothes have a high level of protection. The article discusses the need to use innovative flame-retardant textile materials. The main harmful production factors affecting firefighters in the course of their work are considered. The main damaging factors in the work of firefighters are: exposure to open flames and elevated temperatures, exposure to water flows, toxic emissions. The analysis of existing materials and packages has been carried out, and their shortcomings have been identified. Multilayer packages of materials for firefighters' combat clothing have been researched and developed in order to enhance their physical and mechanical properties. In the course of the study, six variants of multilayer packages were developed and tested, including modern heat-resistant materials. A sample package of materials with optimal physical and mechanical characteristics was selected, recommended for further use in the production of firefighters' combat clothing.

Keywords: firefighters' combat clothing, dangerous harmful production factors, package of materials, physical and mechanical properties, tests, equipment, thermal conductivity, water resistance.

References

1. Talaspayeva A.A., Zhilisbayeva R.O., Moldagazhiyeva Z.D. Razrabotka netkanogo materiala s ognezashchitnymi svoystvami [Development of non-woven material with fire-retardant properties] // Collection of materials of the International correspondence scientific conference: Sovremennyye tendentsii tekhnicheskikh nauk [Modern trends in technical sciences], 2015. – No.2 (50) – P. 73-75. [in Russian].
2. GOST 12.0.003-2015. Sistema standartov po bezopasnosti truda. Opasnyye i vrednyye proizvodstvennyye faktory. Klassifikatsiya. [Occupational safety standards system. Hazardous and harmful production factors. Classification.]. – Introduced. 2017.01.03. – Moscow: Standartinform, 2016. – 10 p. [in Russian].
3. Koshkarov V.S., Troshunin A.V. Vliyaniye stress-faktorov na psikhiku pozharnykh [The influence of stress factors on the psyche of firefighters] // Actual issues of modern psychology: materials. Two Komsomol members. – 2013. – No.3 (12). – P. 53-55. [in Russian].
4. GOST R 53264-2009. Tekhnika pozharnaya. Spetsial'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytaniy. [Fire-fighting equipment. Special protective clothing for firefighters. General technical

requirements. Test methods.]. – Introduced. 2015.06.04. – Moscow:Standartinform, 2009. – 37 p. [in Russian].

5. Talaspayeva A.A., Zhilisbayeva R.O., Moldagazhiyeva Z.D. Issledovaniye prochnostnykh kharakteristik netkanykh obraztsov [Study of strength characteristics of non-woven samples] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti». – 2017. – No.5 (24). – P. 126-128. [in Russian].
6. Rubanenko Ye.A., Zhilisbayeva R.O. Aktual'nost' voprosa v proyektirovanii spetsial'noy zashchitnoy odezhdy pozharnykh [Relevance of the issue in the design of special protective clothing for firefighters] Collection of works of the International scientific and practical conference “Auezovskiye chteniya – 22: akademik Kanysh Satpayev – osnovopolozhnik kazakhstanskoy nauki” ["Auezov Readings - 22: Academician Kanysh Satpayev - the founder of Kazakhstani science"]. – 2024. – No. 1 (20). – P. 280-284. [in Russian].
7. GOST 10681-75. Materialy tekstil'nyye. Klimaticheskiye usloviya dlya konditsionirovaniya i ispytaniya prob i metody ikh opredeleniya. [Textile materials. Climatic conditions for conditioning and testing of samples and methods for their determination.]. – Introduced. 1993.01.01. – Moscow: Standartinform, 1993. – 29 p. [in Russian].
8. Sorokin, D.V. Proyektirovaniye i issledovaniye svoystv teplozashchitnogo kompozitsionnogo tekstil'nogo materiala dlya boyevoy odezhdy pozharnogo. [Design and study of the properties of heat-protective composite textile material for firefighter's combat clothing.]: diss. … Cand. Tech. Sciences: 05.19.2021 / Sorokin Dmitriy Vyacheslavovich. – Moscow, 2021. – 153 p. [in Russian].
9. GOST 15902.3-79. Polotna netkanyye. Metody opredeleniya prochnosti. [Non-woven fabrics. Methods for determining strength.]. – Introduced. 1990.01.04. – Moscow: Standartinform, 1990. – 7 p. [in Russian].
10. GOST R 53264-2019. Tekhnika pozharnaya. Odezhda pozharnogo spetsial'naya zashchitnaya. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytaniy. [Fire-fighting equipment. Special firefighter protective clothing. General technical requirements. Test methods.]. – Introduced. 2022.01.01. – Moscow: Standartinform, 2022. – 43 p. [in Russian].

МРНТИ 64.29.23

В.М. Джанпаизова[1] – *основной автор*,
Г.Ш. Аширбекова[2], Б. Тлеубаева[3],
З.Т. Бекмуратова[4], Б.С. Туракулов[5]

©

[1]Канд. хим. наук, ассоц. профессор, [2]Ст. преподаватель,
[3]Кан. пед. наук, доцент, [4]PhD, доцент, [5]Канд. техн. наук, доцент

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-4356-0257 [2]https://orcid.org/0000-0002-9918-430X
[3]https://orcid.org/0000-0003-2392-4161 [4]https://orcid.org/0000-0003-2567-0636
[5]https://orcid.org/0000-0002-4269-7614

[1,2,3,5]Университет им. Ж.А. Ташенева , г. Шымкент, Казахстан
[4]Каракалпакский государственный университет, г. Нукус, Республика Каракалпакстан, Узбекистан

@ *[2]gulnura_ukgu@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XDDK5958

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ЦИНКА

Аннотация. В статье рассматриваются исследовательские работы, направленные на изучение свойств трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка, с целью улучшения их антимикробных и функциональных характеристик. Оксид цинка, благодаря своим антибактериальным и заживляющим свойствам, активно применяется в медицинских текстильных материалах, обеспечивая надежную защиту от инфекций и способствуя ускоренному заживлению ран. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на оценку эффективности использования наночастиц оксида цинка в трикотажных перевязочных материалах, а также их влияние на механические и гигиенические свойства тканей. Описываются методы обработки тканей, а также проводятся тесты на антимикробную активность. Полученные данные подтверждают высокую эффективность использования оксида цинка для повышения функциональных свойств медицинских текстильных изделий. Результаты данного исследования могут быть полезны для разработки новых материалов для перевязок и других медицинских применений, а также для дальнейшего совершенствования технологий модификации текстиля в медицине.

Ключевые слова: трикотажные перевязочные материалы, обработка тканей, оксид цинка, антимикробная активность, медицинские текстильные изделия, наночастицы.

Джанпаизова, В.М. Исследование свойств трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка [Текст] / В.М. Джанпаизова, Г.Ш. Аширбекова, Б. Тлеубаева, З.Т. Бекмуратова, Б.С. Туракулов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.446-456. https://doi.org/10.55956/XDDK5958

Введение. Современная медицина требует от материалов, используемых в перевязочных средствах, высоких антибактериальных свойств, биосовместимости и долговечности. В последние годы особое

внимание уделяется разработке новых видов медицинских текстильных материалов, обладающих дополнительными функциональными характеристиками, такими как антибактериальные и антисептические свойства. Одним из перспективных направлений является использование наночастиц оксида цинка для модификации текстильных материалов. Оксид цинка (ZnO) обладает выраженной антибактериальной активностью, что делает его идеальным компонентом для создания перевязочных материалов.

Целью настоящего исследования является изучение свойств трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка, с точки зрения их антибактериальной активности, механических и физико-химических характеристик.

Литературный обзор. Медицинские текстильные материалы, используемые для перевязочных средств, требуют особых характеристик, включая антибактериальную активность, биосовместимость и долговечность. С развитием нанотехнологий появляется возможность улучшить эти свойства, особенно с использованием оксида цинка (ZnO), который обладает выраженной антибактериальной активностью. Наночастицы ZnO становятся важным компонентом при разработке новых медицинских текстильных изделий, таких как перевязочные материалы, что делает их привлекательными для предотвращения инфекционных осложнений при заживлении ран. В последние годы исследуются различные методы модификации тканей с помощью наночастиц ZnO, что повышает их функциональные и физико-химические характеристики [1,2].

Нанотехнологии активно внедряются в медицинские изделия, в том числе в текстильные материалы. Использование наночастиц для создания функциональных материалов с улучшенными свойствами способствует повышению качества медицинских изделий, в частности перевязочных материалов. Оксид цинка (ZnO) – один из самых популярных материалов в этой области благодаря своей антисептической активности, устойчивости к росту микроорганизмов и низкой токсичности. Согласно последним исследованиям, наночастицы ZnO не только эффективны против бактерий, но и обладают противогрибковыми и противовирусными свойствами, что расширяет их применение в медицинских текстилях [3].

Оксид цинка обладает уникальными антимикробными свойствами, которые делают его эффективным против ряда патогенных микроорганизмов, таких как Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa и др. Это свойство наночастиц ZnO объясняется их способностью разрушать клеточные мембраны бактерий, вызывать окислительный стресс и повреждение ДНК микроорганизмов [4]. В некоторых исследованиях также показано, что оксид цинка эффективно подавляет рост и развитие бактерий даже при низких концентрациях, что делает его оптимальным для использования в медицинских перевязочных материалах, где требуется постоянная стерильность и предотвращение инфекций [5,6].

В настоящее время наночастицы ZnO активно используются для создания медицинских тканей, в том числе перевязочных материалов. Их преимущества включают повышение устойчивости ткани к бактериям и грибам, а также улучшение физических свойств материалов. По данным исследованиями последних лет, ткани, обработанные наночастицами ZnO, сохраняют свою антибактериальную активность даже после многократных стирок и использования [7]. Также важно отметить, что наночастицы ZnO не ухудшают механические свойства тканей, такие как прочность на разрыв или

эластичность, что делает такие материалы долговечными и удобными для применения в медицинских целях [8].

Механизм антибактериального действия наночастиц ZnO связан с их способностью взаимодействовать с клеточной мембраной микроорганизмов, что приводит к разрушению клеточной структуры и гибели бактерий. Наночастицы ZnO могут генерировать свободные радикалы, которые повреждают клеточные мембраны и ДНК микроорганизмов, препятствуя их размножению [9]. Это делает оксид цинка важным компонентом для разработки антисептических тканей и перевязочных средств, которые должны эффективно предотвращать инфекции и способствовать быстрому заживлению ран.

Для модификации тканей наночастицами ZnO используются различные методы, включая экструзию, химическое осаждение и методы покрытия. Каждый из этих методов позволяет добиться равномерного распределения частиц на поверхности ткани, что способствует улучшению их антибактериальных свойств [10]. Наиболее эффективными являются методы, которые обеспечивают высокую концентрацию наночастиц на поверхности ткани, что усиливает антимикробный эффект. Одним из таких методов является химическое осаждение наночастиц ZnO, которое позволяет не только улучшить антибактериальные характеристики ткани, но и повысить ее прочность и устойчивость к износу [7].

На основе проведённого литературного анализа можно сделать вывод о высокой актуальности и целесообразности исследования трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка. Оксид цинка, как показано в ряде исследований, является перспективным материалом для улучшения характеристик перевязочных материалов благодаря своим антисептическим и заживляющим свойствам.

С учетом того, что инфекционные заболевания, особенно вызванные резистентными микроорганизмами, продолжают оставаться значимой проблемой в здравоохранении, создание текстильных материалов, обладающих антимикробными свойствами, является крайне важной задачей. Модификация тканей наночастицами оксида цинка может не только улучшить их защитные характеристики, но и способствовать более быстрому заживлению поврежденных тканей, что в свою очередь уменьшит время реабилитации пациентов.

Таким образом, исследование свойств трикотажных перевязочных материалов, модифицированных оксидом цинка, является актуальным, и оно способствует развитию новых материалов для медицинской области, что имеет значимый вклад в улучшение качества медицинских услуг и здоровья населения.

Условия и методы исследования. Для исследования были использованы образцы трикотажных перевязочных материалов, изготовленных из хлопчатобумажного волокна.

Характеристики хлопчатобумажной пряжи и трикотажного бинта приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Физико-механические показатели основовязаного трикотажного бинта нового образца

№	Наименование показателей	Показатели
1	Номер пряжи	50/1
2	Линейная плотность пряжи, текс	20
3	Поверхностная плотность, г/м^2	54,2
4	Разрывная нагрузка, Н	42
5	Удлинение, %	11,4
6	Длина бинта, м	5
7	Ширина бинта, см	14
8	Влажность,%	6,9
9	Смачиваемость, с	6,6
10	Воздухопроницаемость, см^3/м^{2}сек. (1атм)	1420

Таблица 2

Физико-механические показатели 100% хлопчатобумажной кардной пряжи

№	Наименование показателей	1	2	3	средняя
1	Линейная плотность пряжи, текс	20,2	20,0	20,1	20,1
2	Коэффициент вариации по линейной плотности, %	1,8	1,4	1,6	1,6
3	Разрывная нагрузка, сН	233	280,3	280,2	281,2
4	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	10,1	9,7	9,6	9,8
5	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	14,0	13,8	14,1	13,9
6	Индикатор качества	1,38	1,42	1,46	1,42
7	Удлинение, %	3,98	3,92	3,9	3,93
8	Обрывность на 1000 вер/час	52	57	53	54

Модификация материалов проводилась путем нанесения на их поверхность наночастиц оксида цинка различной концентрации.

1. Подготовка образцов: Объектами исследования в работе явились: 100% хлопчатобумажный основовязаный трикотажный бинт выработанный на оборудование FITTEX и аппретирующие соединения. В исследовании использованы следующие химические соединения:

Ацетат цинка, ХЧ ($Zn(O_2CCH_3)_2$ [11], гидроксид натрия ХЧ (NaOH), аскорбиновая кислота ($C_6H_8O_6$) [12], аммиак водный, ЧДА (NH_4OH) [13].

Образцы трикотажных материалов были пропитаны растворами оксида цинка с различными концентрациями: 0,05%, 0,5% и 1%. Пропитка проводилась с использованием метода погружения, что позволяло равномерно распределить наночастицы по поверхности ткани. В процессе обработки происходило образование ковалентных связей между наночастицами и клетчаткой, что обеспечивало длительное удержание частиц на поверхности ткани.

2. Для оценки антибактериальной активности использовался метод диффузии в агаре с применением культур грамположительных и грамотрицательных бактерий 10 видов. Измерялось диаметр зоны подавления роста микроорганизмов.

3. Для анализа механических характеристик использовались стандартные методы для определения прочности на разрыв, растяжимости и устойчивости к износу. Испытания проведены на разрывной машине AUTOGRAPH AG-I (Shimadzu, Япония) в условиях сертификационной

лаборатории «SentexUZ» при ТИТЛП (Ташкент, Узбекистан), предназначенной для испытания материалов на разрыв и растяжение, имеющей универсальное программное обеспечение, гарантирующее подготовку, проведение испытаний и вычисление. Исследование проведено стандартным методом ГОСТ 8847-85 [14]. Воздухопроницаемость образцов исследованы на приборе AP-360SM (Frazir, Япония) согласно методике производителя по стандарту ASTM D737. Этот тестер используется для измерения проницаемости различных видов трикотажа, тканей и т.д. Для проверки известной воздухопроницаемости при предписанном испытательном давлении предоставляются три типа калибровочных пластин.(P=1Атм.) [15]. Водопоглощающие свойства образцов определили на приборе PW-5P (метод Байрека).

4. Для оценки распределения наночастиц оксида цинка по поверхности ткани и внутри структуры материала современные спектральные методы.

Изучение топографии и микроструктуры поверхности образцов проводят при помощи низковакуумного растрового электронного микроскопа JSM-6510LA фирмы «Jeol» (Япония) [16].

Рентгенофазовый анализ образцов проводили на дифрактометре рентгеновском D8 ENDEAVOR фирмы Brukner (Германия) [17].

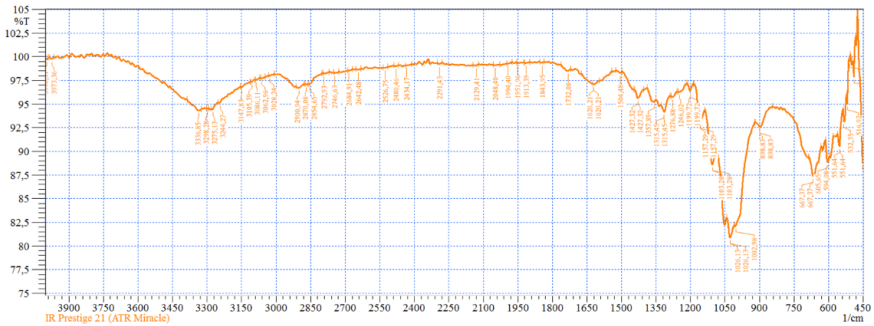
Изучение взаимодействия композиции с макромолекулой целлюлозы проводят с использованием ИК-спектрографа.

Для получения ИК Фурье спектров измерения проводились на приборе Shimadzu IR Prestige-21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы Pike Technologies (Япония) [18,19].

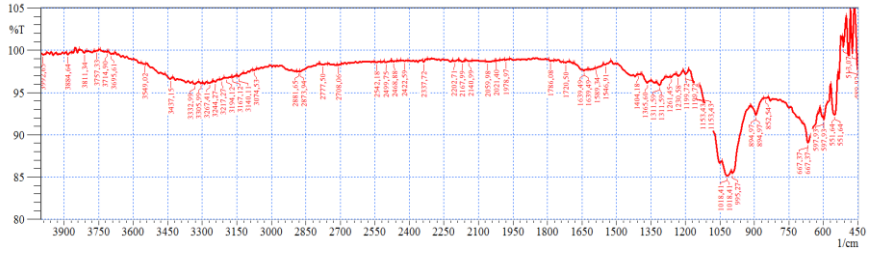
Результаты исследований и их обсуждение. *Результаты ИК-спектроскопического исследования.* Для полного выяснения механизма взаимодействия аппретирующего состава с целлюлозой хлопкового волокна в работе были исследованы ИК-спектры образцов исходных и обработанных материалов согласно методике. Полученные данные представлены ниже. (Рис. 1)

По результатам ИК спектроскопического анализа образцы, пропитанные аппретирующими растворами цинка, видно, что ИК-спектр изучаемых систем содержит несколько характеристических полос. В ИК-спектре целлюлозы обнаружены полосы поглощений валентных колебаний гидроксильной группы (О-Н) в области 3298,28 см$^{-1}$, валентных колебаний связи С–Н в области 2904,80 см$^{-1}$, деформационных колебаний этих связей в области 1427,32 см$^{-1}$ и в области 1315,45 см$^{-1}$. Полосы поглощений в области 1157,29-894,97 см$^{-1}$ относятся к валентным колебаниям связи С-О.

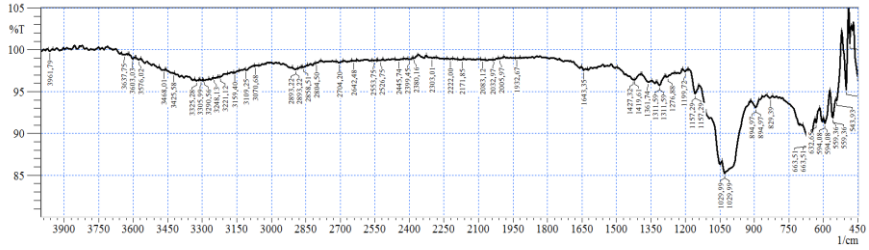
В образцах материала, которые пропитаны ионами металлов, обнаружены некоторые изменения полос поглощения в виде смещения частоты и изменения интенсивности полосы. Существенным изменениям подвергается полоса поглощений валентных колебаний гидроксильных групп. Происходит уменьшение интенсивности и расширения полос поглощения валентных колебаний гидроксильной группы (О-Н) в диапазонах 3305,99 см$^{-1}$, 3259,70 см $^{-1}$, 3329,14 см$^{-1}$. Это свидетельствует об уменьшение количество внутри межмолекулярных водородных связей целлюлозы, что приводит к увеличению пористости материала. В результате улучшается процесс адсорбции ионов металла в микропоры целлюлозы. Причем, адсорбция ионов происходит равномерно по всей поверхности материала.



Образец № 1
Холостая



Образец № 2
ZnO 1.0%



Образец № 3
ZnO 0.5%

Рис. 1. ИК- спектры образцов при различных концентрациях

Наличие и равномерные распределение ионов на поверхности хлопчатобумажного материала наглядно обнаружено исследованиями с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Результаты микроскопического исследования. Размер и закрепление пропитанных наночастиц металла цинка определяли с помощью растрового электронного микроскопа. Размер синтезированных частиц варьируется от 5 до 80 нм (Рис. 2).

Для изучения морфологии модифицированных волокон и подтверждения наличия на их поверхности наночастиц цинка проведены исследования элементного состава с помощью растрового электронного сканирующего микроскопа.

Исследования СЭМ показали, что оксид цинка равномерно распределяется по поверхности ткани, образуя тонкие наночастицы, что способствует увеличению площади контакта с микробами и улучшению антибактериальных свойств.

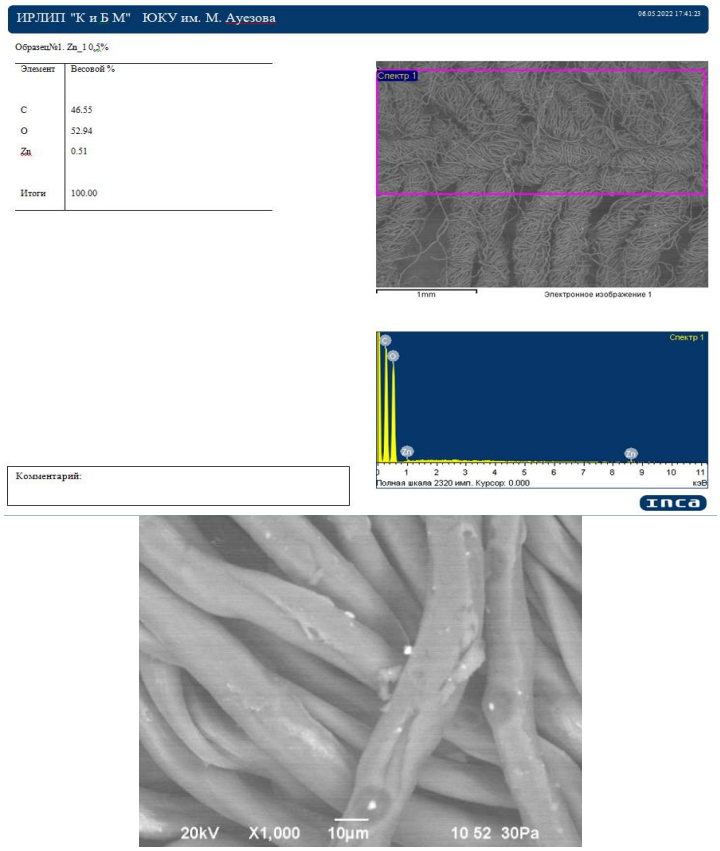


Рис. 2. Аппретированный образец №3 с наночастицами цинка

Сравнительный анализ микроскопических исследовании показывает, равномерность распределение частиц металла цинка на поверхности хлопчатобумажных основовязальных трикотажных материалов. По спектрограмме определены элементный состав и выявлены размеры синтезируемых наночастиц металлов серебра, меди и цинка.

Механические свойства. Модификация тканей оксидом цинка не привела к значительному ухудшению механических свойств материалов. Прочность на разрыв и растяжимость оставались на приемлемом уровне, что подтверждает возможность использования этих тканей в качестве перевязочных средств.

Результаты исследование влияния предлагаемого аппрета на показатели физико-механические свойства представлены в таблице 3.

Из анализа полученных результатов следует, что обработка аппретирующим составами цинка положительно влияет на физико-механические свойства трикотажных образцов, обработанных по предложенной методике. Было установлено, что разрывная нагрузка в зависимости от применяемого аппрета возрастает на 2,8% по сравнению с контрольным образцом, а абсолютная удлинения при разрыве увеличивается до 3,1% по сравнению с необработанным образцом. Поверхностная плотность увеличивается за счет набухание целлюлозных волокон под влияниями аппретирующих растворов, которое приводит к уплотнению и равномерности поверхности трикотажного полотна.

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов пропитанными растворами металлов цинка (по среднему значению)

№	Наименование показателей	Показатели			
		1(Zn)	2(Zn)	3(Zn)	средняя
1	Поверхностная плотность, г/м^2	85	92	89	88,7
2	Разрывная нагрузка, Н	39	42	40	44,8
3	Удлинение на разрыв, мм %	 22 11	 25 12,5	 24 12	 23,7 11,8
4	Воздухопроницаемость, см^3/м^{2}сек	810	885	813	836
5	Влажность,%	5,2	6,7	5,5	5,8
6	Смачиваемость, с	6	7	7	6,7
7	Капиллярность, см/час	6,6	7,2	6,8	6,9

Из полученных результатов можно сделать вывод, что предложенная методика пропитки хлопчатобумажного трикотажного бинта оксидом цинка обеспечивает значительную модификацию материала, что способствует улучшению его физико-механических свойств.

Обработанные боразцы испытывали на антибактериальную активность. Результаты тестов на антибактериальную активность показали, что все образцы, модифицированные оксидом цинка, продемонстрировали выраженную активность против разных бактерий, с максимальным эффектом на образцах с концентрацией 1%. Диаметр зоны подавления роста бактерий увеличивался с ростом концентрации оксида цинка. В ходе исследования было установлено, что наночастицы оксида цинка обеспечивают антимикробные свойства ткани за счет выделения ионов Zn^{2+} и генерации реактивных форм кислорода. Эти процессы приводят к повреждению клеточных структур бактерий и ингибированию их жизнедеятельности.

В ходе проведенных микробиологических исследований образцы трикотажных материалов, пропитанных оксидом цинка в различных концентрациях (0,1%, 0,5%, 1%), были испытаны антибактериальную активность. В качестве тестируемых использовались микробные штаммы, которые являются основными возбудителями гнойно-воспалительных заболеваний в различных частях тела (Табл. 4).

Таблица 4

Изучения чувствительности микробов к композитным веществам содержащим цинк в условиях in vitro! (M±m) мм

№	Группы микробов	Концентрации цинка		
		0,1	0,5	1,0
1	Staph. aureus	0	0	15,0±0,3
2	St.epidermidis	15,0±0,2	0	15,0±0,3
3	St.saprophyticus	0	0	0
4	Str. pyogenes	10,0±0,1	0	0
5	Str. Viridans	0	0	0
6	Klebsiella pneumonia	0	15,0±0,2	13,0±0,2
7	Ps. aerogenosa	0	0	15,0±0,3
8	Escherichia coli	10,0±0,2	0	10,0±0,1
9	Prot. vulgaris	12,0±0,2	20,0±0,5	15,0±0,3
10	Candida albicans	0	0	0
Примечания: единицы приведены в мм зоны задержки роста микробов, (мм)				

Из таблицы 4 видно, что наибольший антибактериальный эффект был зафиксирован при концентрации 0,5% и 1,0% цинка, причем 1,0% показала наиболее выраженную активность против большинства микробов, особенно в случае с *Staph. aureus, Ps. aeruginosa и Klebsiella pneumoniae*. При концентрации 0,1% эффект был гораздо менее выражен, и в некоторых случаях не наблюдалась активность. Некоторые штаммы бактерий, такие как *St. saprophyticus, Str. viridans, Candida albicans*, не показали чувствительности к цинку, что может свидетельствовать о различиях в восприимчивости бактерий и грибков к наночастицам цинка.

Таким образом, данные результаты подтверждают, что концентрация цинка оказывает значительное влияние на антимикробную активность трикотажных материалов, и наиболее эффективной является более высокая концентрация (1,0%).

Проведенное исследование показало, что использование оксида цинка для модификации трикотажных перевязочных материалов значительно повышает их антибактериальные свойства. Это связано с уникальными свойствами наночастиц цинка, которые обладают выраженной активностью против широкого спектра микроорганизмов. Результаты также показывают, что наночастицы цинка не ухудшают механические свойства тканей, что является важным фактором для практического применения этих материалов в медицинской сфере. Тем не менее, необходимо провести дополнительные исследования, чтобы оценить долгосрочную стабильность и безопасность таких материалов при длительном использовании, а также провести клинические испытания для подтверждения их эффективности в реальных условиях.

Заключение. Проведенное исследование показало, что трикотажные перевязочные материалы, модифицированные оксидом цинка, обладают выраженными антимикробными свойствами, что делает их перспективными для использования в медицинских изделиях.

Спектральный анализ подтвердил успешную модификацию тканей оксидом цинка. В спектрах инфракрасной и рентгеновской флуоресценции были зафиксированы характерные пики, свидетельствующие о присутствии цинка, что свидетельствует о его химической интеграции в структуру ткани. Эти данные подтверждают, что оксид цинка не только наносится на ткань, но и активно участвует в ее химических реакциях, улучшая антимикробные свойства материала.

Оксид цинка, благодаря своим уникальным химическим свойствам, может эффективно внедряться в структуру ткани и обеспечивать длительное антимикробное действие. Результаты исследования показывают, что наночастицы ZnO играют ключевую роль в повышении эффективности медицинских перевязочных материалов.

На основе экспериментов установлено, что увеличение концентрации оксида цинка в тканях улучшает их антимикробные свойства, что подтверждается результатами спектральных и микробиологических испытаний. Однако избыточное содержание оксида может негативно повлиять на механические свойства ткани, что важно учитывать при разработке оптимальной рецептуры.

Трикотажные перевязочные материалы, модифицированные оксидом цинка, продемонстрировали хорошие результаты при использовании в медицинских целях, таких как перевязочные средства, что способствует ускорению заживления ран и снижению риска инфекций. Это открывает

перспективы для создания новых поколений антимикробных медицинских тканей, способствующих более быстрому заживлению и защите от инфекций.

Список литературы

1. Khan M.A., Khan S.U., Lee J.H., Kim Y.S. Zinc oxide nanoparticles: A promising material for biomedical applications // Journal of Nanomaterials. – 2019.
2. Zhao, Z., et al. Fabrication of antibacterial cotton fabrics based on zinc oxide nanoparticles // Journal of Applied Polymer Science. – 2017. – Vol. 134(37). – P. 45351.
3. Kumar, S., et al. Fabrication of ZnO nanomaterials and their applications in antimicrobial textiles // Materials Science and Engineering C. – 2017. – Vol. 108. – P. 110458.
4. Ameer, A., et al. Antibacterial performance of ZnO nanoparticles synthesized using natural extracts for biomedical applications // Journal of Materials Science: Materials in Medicine. – 2020. – Vol. 31(7). – P. 85.
5. Mogharabi, M., et al. Antibacterial properties of zinc oxide nanoparticles against Escherichia coli and Staphylococcus aureus // Journal of Nanoparticle Research. – 2018. – Vol. 20(7). – P. 1-12.
6. Alavi, M., et al. Zinc oxide nanoparticles as an effective antimicrobial agent for wound healing applications // Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine. – 2021. – Vol. 38. – P. 102431.
7. Sadeghi, L., et al. Preparation and characterization of ZnO nanoparticle-modified cotton fabrics for antibacterial applications // Textile Research Journal. – 2021. – Vol. 91(15). – P. 1767-1777.
8. Iskandar, M., et al. Effect of ZnO nanoparticles on mechanical and antibacterial properties of textiles // Journal of Industrial Textiles. – 2022. – Vol. 52(2). – P. 230-244.
9. Khan, M. A., et al. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, properties, and applications in nanomedicine // Materials Science and Engineering: C. – 2020. – Vol. 112. – P. 110845.
10. Xie, X., et al. Facile fabrication of ZnO nanorods on cotton fabric for antibacterial and UV protective applications // Journal of Applied Polymer Science. – 2021. – Vol. 138(12). – P. 49921.
11. Zinc acetate [Electronic resource]. – Access mode: https://himmax.ru/index.php/produktsiya/30-reaktivy/3307-atsetat-tsinka.
12. Ascorbic acid [Electronic resource]. – Access mode: https://www.scienceprojects.lv/pH/acids/C6H8O6.php.
13. GOST 3760-79 (ST SEV 3858-82) Reaktivy. Ammiak vodnyy. Tekhnicheskiye usloviya [Reagents. Ammonia water. Specifications]. – Introduced. 01.07.80. – Moscow: Standartinform, 2006. – 10 p. [in Russian].
14. GOST 8847-85. Полотна трикотажные методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – Introduced. 01.01.87.– Moscow: IPK, 1986. – 21 p. [in Russian].
15. ASTM D737-18. Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics.
16. JSM-6510series [Electronic resource]. – Access mode: https://www.jeol.co.jp/en/products/detail/JSM-6510series.html.
17. X Ray Reflectometry [Electronic resource]. – Access mode: https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/diffractometers-and-scattering-systems/x-ray-diffractometers/d8-endeavor.html.
18. Shimadzu IR Prestige-21 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.shimadzu.com.
19. Pike Technologies (2020). Miracle™ Attenuated Total Reflectance (ATR) Accessory for IR Spectroscopy. Pike Technologies [Electronic resource]. – Access mode: https://www.piketech.com.

Материал поступил в редакцию 21.02.25, принят 13.03.25.

В.М. Джанпаизова[1], Г.Ш. Аширбекова[1], Б.С. Тлеубаева[1], З.Т. Бекмуратова[2], Б.С. Туракулов[1]

[1]Ж.А. Ташенев атындағы университет, Шымкент қ, Қазақстан
[2]Қарақалпақ мемлекеттік университеті, Нүкіс қ., Қарақалпақстан Республикасы, Өзбекстан

МЫРЫШ ОКСИДІМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ТОҚЫЛҒАН ТАҢҒЫШ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада микробқа қарсы және функционалдық сипаттамаларын жақсарту мақсатында мырыш оксидімен модификацияланған тоқылған таңғыш материалдардың қасиеттерін зерттеуге бағытталған жұмыстар қарастырылады. Мырыш оксиді бактерияға қарсы және емдік қасиеттеріне байланысты медициналық тоқыма материалдарында белсенді қолданылады, инфекциялардан сенімді қорғауды қамтамасыз етеді және жараның тез жазылуына ықпал етеді. Мақалада тоқылған таңғыш материалдардағы мырыш оксиді нанобөлшектерін пайдалану тиімділігі, сондай-ақ олардың маталардың механикалық және гигиеналық қасиеттеріне әсерін бағалауға бағытталған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Материалды өңдеу әдістері сипатталған, сонымен қатар микробқа қарсы белсенділік сынақтары жүргізіледі. Нәтижелер медициналық тоқыма бұйымдарының функционалдық қасиеттерін арттыру үшін мырыш оксидін пайдаланудың жоғары тиімділігін растайды. Бұл зерттеудің нәтижелері таңғыштар мен басқа да медициналық қосымшаларға арналған жаңа материалдарды әзірлеуге, сондай-ақ медицинадағы тоқыма модификациясының технологияларын одан әрі жетілдіруге пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: тоқылған таңғыш материалдар, матаны өңдеу, мырыш оксиді, микробқа қарсы белсенділік, медициналық тоқыма бұйымдары, нанобөлшектер.

B.M. Janpaizova[1], G.Sh. Ashirbekova[1], B.S. Tleubayeva[1], Z.T. Bekmuratova[2], B.S. Turakulov[1]

[1]Zh.A. Tashenev University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Karakalpak State University, Nukus, Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF KNITTED DRESSINGS MODIFIED WITH ZINC OXIDE

Abstract. The article discusses research works aimed at studying the properties of knitted dressings modified with zinc oxide in order to improve their antimicrobial and functional characteristics. Zinc oxide, due to its antibacterial and healing properties, is actively used in medical textile materials, providing reliable protection against infections and contributing to accelerated wound healing. The article presents the results of experimental studies aimed at evaluating the effectiveness of using zinc oxide nanoparticles in knitted dressings, as well as their effect on the mechanical and hygienic properties of fabrics. Methods of tissue treatment are described, as well as tests for antimicrobial activity. The data obtained confirm the high efficiency of using zinc oxide to enhance the functional properties of medical textiles. The results of this study may be useful for the development of new materials for bandages and other medical applications, as well as for further improvement of textile modification technologies in medicine.

Keywords: knitted dressings, fabric treatment, zinc oxide, antimicrobial activity, medical textiles, nanoparticles.

ҒТАМР 64.41.14

М.Д. Мэлс[1] – *негізгі автор*,
Л.Т. Сарттарова[2], B.O. Bitlisli[3]

[1]Докторант, [2]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [3]Профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-5103-2155 [2]https://orcid.org/0000-0001-7268-7620 [3]https://orcid.org/0000-0003-1950-712X*

[1,2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]Эгей университеті, Измир қ., Түркия

@ *[1]madina_dm17@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/RARF3427

БАЛАЛАР АЯҚТАРЫНЫҢ ДАМУЫНА АЯҚ-КИІМНІҢ ӘСЕРІН ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл шолу мақаласында аяқ-киімнің аяқтың дамуына әсерін зерттеу үшін биомеханикалық және клиникалық әдебиеттердегі бар зерттеулерге негізделді. Әдебиеттерге шолу жасалу нәтижесінде балалар аяқ-киімін жасау ғылымында прогреске жету және аяқ пен аяқ-киімнің өзара әрекеттесуін алдын ала түсіну қажеттілігін растайды. Өскелең ұрпақтың денсаулығын сақтау және нығайту үшін ұтымды аяқ-киімнің маңызы зор. Балалар аяқ-киімі мақсатына сәйкес келуі үшін ол баланың денесінің және ең алдымен оның аяқтарының анатомиялық, физиологиялық ерекшеліктерінен туындайтын бірқатар гигиеналық талаптарға сай болуы керек. Аяқтың үстіңгі бөліктерімен бірге табанның құрылымы мен қызметі бойынша маңызды және күрделі орган болып табылады. Баланың отырудан жүруге ауысуы шамамен 9 айға созылады және бұл аяқтың құрылымдары мен функциялары жүктемені көтеруге байланысты мәселелерге жауап беруі керек және қозғалу үшін маңызды болады.

Тірек сөздер: аяқ-киім, жалпақ табан, жүйке-бұлшықет, ортопедия, табан сегменттері, профилактикалық аяқ-киім, супинатор.

Мэлс, М.Д. Балалар аяқтарының дамуына аяқ-киімнің әсерін және құрылымын зерттеу [Мәтін] / М.Д. Мэлс, Л.Т. Сарттарова, B.O. Bitlisli //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.457-469. https://doi.org/10.55956/RARF3427

Кіріспе. Қазақстан Республикасында жеңіл өнеркәсіп саласы ерекше әлеуметтік-экономикалық мәнге ие болып табылады. Жеңіл өнеркәсіп саласының маңыздылығы – тұтыну деңгейі бойынша азық-түлік өнеркәсібінен кейін екінші орын алады. Қазіргі таңда Қазақстанда шикізатты бастапқы өңдеуде, және сонымен қатар дайын өнімдерді өндіру де дамып келе жатыр. Бұл үш негізгі топты құрайтын күрделі сала: тоқыма, тігін, сонымен қатар былғары, үлбір және аяқ-киім. Соңғы он жылдықта Қазақстанның жеңіл өнеркәсіп саласы бойынша 1,5 есе өсті [1]. Өскелең ұрпақтың денсаулығын сақтау және нығайту үшін ұтымды аяқ-киімнің маңызы зор. Қазіргі таңда, сонымен қатар, күнделікті, модельдік, ұлттық, спорттық және басқа да аяқ-киім түрлері шығарылады. Аяқ-киім денені қолайсыз метеорологиялық әсерлерден және механикалық зақымдардан

қорғайды (қар, жаңбыр және т.б.). Балалар аяқ-киімі мақсатына сәйкес келуі үшін ол баланың денесінің және ең алдымен оның аяқтарының анатомиялық, физиологиялық ерекшеліктерінен туындайтын бірқатар гигиеналық талаптарға сай болуы керек [2]. Аяқ-киімнің ыңғайлылығы – бұл аяқ киімнің сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі, ол дененің өсу процесінде табанның қалыпты жұмыс істеуі мен дамуын қамтамасыз етеді. Өз кезегінде, табанның қалыпты жұмыс істеуі мен дамуы бүкіл дененің қалыпты жағдайын анықтайды, өйткені табандағы ауытқулардың пайда болуы бүкіл денедегі ауытқуларға алып келеді. Отандық тұтынушылардың аяқ киімдерінің өлшемдері табандарының өлшемдеріне сәйкес келмеуі табанның әр түрлі және қауіпті патологиялық ауытқулары: табан деформациясы, жалпақ табан, саусақтардың деформациясы, тірек-қимыл аппаратының және т.б. негізгі себепшісі болып табылады [3-8].

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДСҰ) ресми сайтында 2024 жылдың қыркүйегінде жарияланған ресми медициналық статистикаға сәйкес, жер тұрғындарының жартысынан көбінде жалпақ табан диагнозы бар. Жалпы мәлімет бойынша балалардағы жалпақ табан – педиатриядағы ең көп таралған ортопедиялық патология, ол доғалардың биіктігінің төмендеуімен көрінеді. Жалпақ табанды бала туылғаннан бастап анықтай алады (3% жағдайда), 2-4 жасқа дейін бұл балалардың 24-32%, 7 жасқа дейін – 40%, 12 жасқа дейін – жасөспірімдердің 50% байқалады.

ДДСҰ мәліметі бойынша Қазақстанда балалардың арасында семіздіктің өсуі байқалады, бұл аяқтың әртүрлі патологиялық ауытқуларына әкеледі. Соңғы бірнеше жылда Қазақстанда артық салмағы бар немесе семіздікпен ауыратын 11 жастан 15 жасқа дейінгі балалардың үлесі 1,6 есе өсті. Егер 2018 жылы толық балаларға осы жас тобындағы барлық Қазақстандықтардың 9,7% тиесілі болса, 2023 жылдың қорытындысы бойынша көрсеткіш 15,4%-ға дейін өсті. 2022 жылы балалардың 4,7% – семіздік диагнозы қойылды. Мұндай қорытындыларды «2022 жылы Қазақстан оқушыларының өмір салты факторлары» ұлттық есебінің авторлары жасады. Жалпақ табанның дамуына аяқтардағы жеткіліксіз жүктеме және артық салмақ ықпал етеді [9].

Сауалнамалар бойынша Қазақстандық жасөспірімдердің денсаулық жағдайы мен қауіп факторларын зерделей отырып, ҚР Ұлттық Қоғамдық денсаулық сақтау орталығының (ДДҰО) мамандары 11 жастағы балалардың артық дене салмағынан жиі зардап шегетінін анықтады. Осы жастағы әрбір төртінші баланың салмағы оның өсу қарқынынан артық.

Қазіргі таңда 1 сыныпқа келген балалардың шамамен 25-30% денсаулығында қандай да бір ауытқулар бар. Балалар денсаулығына бірқатар факторлар бар, олардың ішінде мектеп портфолиосының мәселесі өзекті болып тұр. Оқушылар арасындағы ең көп таралған ауруларының бірі - сколиоз – омыртқаның бүйірлік қисаюы және жалпақ табан. Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің соңғы деректері бойынша бастауыш мектеп жасындағы балалардың 30-40% арқа келбетінің өзгеруі мен жалпақ табаны кездеседі. Бұл тірек – қимыл аппаратының бұзылуы адам ағзаларының барлық жүйелерінің қызметіне теріс әсер етеді, олар әсіресе жетілмеген балалар денесі үшін қауіпті [10]. Авторлардың [11-12] статистикалық мәліметтері бойынша тірек – қимыл аппаратының туа біткен аурулар арасында табанның жалпақвальгусты деформациясы 23,7% құрайды.

Жалпақ табан бойынша паталогиялық ауытқуларды Ресей Федерациясы ДСМ профессорлары Николай Николаевич Приоров, Олег

Алексеевич Малахов және Михаил Борисович Цыкунов секілді ғалымдар зерттеген [13].

Үнді ғалымдары жалпақ табанның аяқ киімді үнемі киетін адамдарда жалаң аяқпен көп жүретіндерге қарағанда үш есе жиі кездесетінін анықтады. Дәрігерлер баланың моторикасының аздығы да жалпақ табанның даму қаупін арттырады. Қазіргі уақытта балалар компьютерде көп уақыт өткізетіндіктен, көшеде серуендеу мен ойнаудың орнына, келбеттің бұзылуымен бірге жалпақ аяқтың даму белгілері жиі кездесетінін зерттеді [14].

Бұл шолу мақаласында аяқ-киімнің аяқтың дамуына әсерін зерттеу үшін биомеханикалық және клиникалық әдебиеттердегі бар зерттеулерге негізделген. Аяқтың дамуы – ішкі биологиялық айнымалылардың, сондай-ақ аяқ-киім және механикалық күштер сияқты сыртқы факторлардың күрделі өзара әрекеттесуі. B. Fritz және M. Mauch мақалаларында адам аяғы аяқ-киіммен бір мезгілде дамымағаны түсіндіріледі, дегенмен аяқ-киімді пайдаланудың археологиялық дәлелдері кем дегенде 30 000 (отыз мың) жыл бұрын, мұнда жылу оқшаулау үшін аяқты жабудың қандай да бір түрі қажет болды, сондай-ақ жарақаттан қорғау ретінде киілген. Балалардың аяқтары ересек адамдардың аяқтарынан айырмашылығы, олардың аяқтың пішініне қатысты әлі де жетіледі. Дұрыс таңдалмаған аяқ-киім аяқтың жетілуіне қиындық тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, аяқтың пішініндегі өзгерістер жыныс пен дене құрамының әсерін ескеретін кластерлік талдау арқылы жан-жақты талданады [15].

Carina Price, Stewart C. Morrison зерттеулерінде баланың отырудан жүруге ауысуы шамамен 9 айға созылады және бұл аяқтың құрылымдары мен функциялары жүктемені көтеруге байланысты мәселелерге жауап беруі керек болғанда орын алады және қозғалу үшін маңызды бола бастайды делінген. Дамудың осы кезеңінде баланың морфологиялық, физиологиялық, жүйке-бұлшықет және биомеханикалық аспектілерін құжаттайтын бірқатар әдебиеттер анықтаған [16].

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Адамның аяғы күмбезді құрылымға ие. Бойлық бағытта бойлық доға, ал көлденең бағытта көлденең доға түзіледі. Бойлық доғада сыртқы, тірек бөлігі және ішкі немесе серіппелі бөлік ажыратылады. Аяқ-киім доғаның сақталуына және оның серіппелі қызметіне ықпал етуі керек [2].

Аяқ-киімнің қажетті өлшемдерінің негізгі көрсеткіші – аяқтың ұзындығы, ол өкшенің ең көрнекті нүктесі мен ең ұзын саусақтың соңы (1 немесе 2) арасындағы қашықтықпен анықталады. Енгізілген метрикалық жүйе бойынша аяқ-киімнің нөмірленуі аяқтың ұзындығына сәйкес келеді. Аяқ-киімнің нөмірлеу жүйесіндегі өлшем бірлігі миллиметр болады және сандар арасындағы айырмашылық 5 мм. Балалар аяқ-киімінің ізінің ұзындығы әрқашан аяқтың ұзындығынан үлкен, өйткені шұлықта бөліктер саусақтардың алдында 10 мм-ге тең қосымша бар, себебі: а) аяқтың табиғи өсуіне байланысты ұзындығының ұлғаюы, орташа есеппен аяқтың жарты жылдық өсуі; б) жүру кезінде және жүктемелердің әсерінен аяқтың ұзаруы кіреді [17].

Доғаның тегістелуі жалпақ табан деп аталады. Баланың аяғы деформацияланып, оның доғасы төмендейді. Нәтижесінде аяқ бүкіл аймақпен еденге тиеді. Бір жасқа дейінгі балаларда жалпақ табанның дамуы көбінесе доға аймағындағы артық майлы тіндерге ықпал етеді. Қазақстандық дәрігер мамандар балалардағы жалпақ табан 5-7 жаста, аяқ доғасы әлі толық қалыптаспаған кезде аяқтың жүктемесінің жоғарылауымен дамиды делінген.

5-7 жаста балаларда әдетте аяқтың толық қалыптаспаған доғасына жүктеме артады, өйткені бұл кезде балалар үйірмелер мен секцияларға, мектепке бара бастайды. Балаларда көлденең жалпақ табан сирек кездеседі. Бұл бала нашар таңдалған, тар аяқ-киім киген кезде пайда болады. Көбінесе балаларда бойлық жалпақ табанды кездестіруге болады.

Балалардағы жалпақ табанның негізгі себебі – статикалық жүктеме. Сонымен қатар, доғаның төмендеуіне ықпал етуі мүмкін, оның ішінде жарақаттар, туа біткен жарақаттар, рахит және аяқ бұлшық еттерінің сал ауруы. Артық салмақ, аяқтың бұлшық еттерінің атрофиясы – балалардағы жалпақ табанның пайда болуының негізгі себептері. Мұның бәрі аяқтың әлі қалыптаспаған, әлсіз бұлшықеттері мен байламдарына теріс әсер етеді және олар аяқ сүйектерін дұрыс қалыпта ұстамайды. Қыз балалар биік өкшелі аяқ киім киюді ерте бастамауы керек, өйткені бұл аяқтың тегістелуіне ықпал етеді. Өкше бөлігі 4 сантиметрден үлкен немесе кіші болмауы керек, аяқ киім өлшемі мен толықтығы бойынша мұқият таңдалуы керек.

Жалпақ табанның дәрежелері келесідей бөлінеді. Бірінші дәрежедегі жалпақ табан – табан сүйектері өзгеріске ұшырамаған. Бірінші дәрежеде балаға мазасыздық сезімін тудырмайды, бірақ бала ұзақ уақыт жүргенде аяқтарында әлсіздік байқалатын болады.

Екінші дәрежеде – аяқтардағы ауыру күшейеді және балада аяқ-киім таңдау қиын болады.

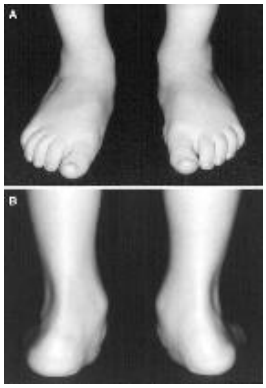
Үшінші дәрежеде – табан буындары қатты өзгеріске ұшырайды. Бұл ұзақ уақыт бойы ауырсынуды тудырады. Аяқтар ғана емес, сондай-ақ балтырлар мен бел аймағы да ауырады [18]. Ыңғайлы аяқ-киім таңдау үлкен қиындық туғызады. Сондай-ақ, жалпақ табан дәрежелері табанның арақашықтық бұрыштары бойынша бөлінеді. Тобық пен аяқ кешеніне 26 сүйек, 33 буын және 100-ден астам бұлшықет пен сіңір кіреді. Әр қадамда доғадағы жүктеме өз салмағының бес есе артуына тең. Бұл кернеу тұру, жүру, секіру және жүгіру кезінде әр түрлі болады. Бес жасқа дейін буын-байлам жүйесі физиологиялық тұрғыдан шоғырланбайды [19].

Деформацияны түзету үшін арнайы ортопедиялық аяқ-киім немесе ортопедиялық ұлтарақтар қолданылады. Балаларға арналған аяқ-киім қатты өкшеасты бөлшегімен, супинатормен және төмен өкшелі болуы керек [20]. Жалпақ табанды негізінен дәрігер плантография арқылы анықтайды. Плантография – жалпақ табанды анықтау әдісі. Әдістің мәні – плантограмма алынған кезде аяқтың табан бетінің ізі қалады. Басып шығару үшін арнайы құрылғы – плантограф қолданылады. Плантография аяқтың морфологиялық параметрлерін орнатуға және арнайы көрсеткіштерді есептеу негізінде бойлық және көлденең жалпақ аяқтың болуы мен дәрежесін объективті түрде анықтауға мүмкіндік береді. Алынған плантограммалар негізінде жеке ортопедиялық ұлтарақтар жасалады. Қазір плантография үшін компьютерлік пантографтар жиі қолданыла бастады, бұл сандық плантограмманы алуға және жалпақ табан көрсеткіштерін автоматты түрде есептеуге мүмкіндік береді [21].

Pes planus, әдетте жалпақ табан деп аталады, бұл аяқ пен тобық деформацияларының тіркесімі болып табылады. Негізгі деформация – бұл субтартикалық буын кешені [22]. Жалпақ табан әсіресе балалардың 0-3 жасында байламдардың әлсіздігінен және сіңірілмеген табан майына байланысты кездеседі. Баланың алғашқы 6 жасына дейінгі жылдары бойлық доғаның дамуы үшін маңызды. Мұны үш фактордың әсерімен түсіндіруге болады: жүйке- тамыр жүйесі, буындардың әлсіздігінің төмендеуі және

аяқтың оссификациясының жоғарылауы [23]. Икемді немесе қатаң pes planus туа біткен немесе жүре пайда болады. Қатты pes planus әрдайым дерлік хирургиялық емдеуді қажет етсе де, икемді педиатриялық pes planus негізінен балалық шақтың кең таралған жағдайы ретінде қарастырылады, бірақ сонымен қатар ересек жаста ауырсыну белгілері пайда болып, жүрістің өзгеруіне әкеледі. Балалардағы жалпақ табан көптеген жылдар бойы ортопедиялық хирургтармен бақыланады, бірақ оны басқарудың стандартты стратегиясы әлі де жоқ және икемді жалпақ табан патологиялық жағдай болып табылады ма және ортоздарды қолдану немесе қолданбау туралы пікірталас әлі де жалғасуда. Емдеу негізінен консервативті және хирургиялық емдеуден тұрады. Ауырсынудың болуы, жасы, жынысы, дене салмағының индексі, буындардың әлсіреуі, төменгі аяғындағы теңестіру, жүйке жүйесінің бұзылулары, ахилес контрактурасының болуы – тиісті емдеуді бастамас бұрын ескерілуі керек факторлар қатарына кіреді [24]. Күшейтетін терапия, стероид емес қабынуға қарсы препараттар, модификацияланған аяқ-киімдер консервативті емдеу мүмкіндіктерін бұзады.

Жалпақ табанның клиникалық көріністері қарапайым ойыққа немесе бойлық доғаның болмауына қарағанда күрделі. Табанның тік немесе дөңес-медиальды шеті бар. Бүйір шеті түзу немесе ойыс. Ортаңғы аяқ ішке қисайып, салмақ түскен кезде жерге тиеді (Сурет 1а). Аяқ аяққа қатысты сыртқа қарай бұрылған көрінеді, ал төменгі аяқтың салмақ жүктемесінің осі аяқтың артқы бөлігінің ортаңғы осіне медиальды түрде өтеді. Аяқтың артқы жағы вальгус күйінде көрсетілген (Сурет 1б) [25].



Сурет 1. Жалпақ табан көрінісі:
а – аяқтың ортаңғы бөлігінің ішке қисаюы дөңес медиальды шекара;
b – аяқтың артқы жағындағы вальгус деформациясы

Егер аяқ-киімде қосымша болмаса, онда аяқтың ұзаруы кезінде саусақтар бүгілген күйде болады, бұл болашақта патологиялық жағдайға әкеледі. Балалар аяқ-киімінің ішкі формасын жобалаған кезде, саусақтардың кеңейген пішінін ескеру қажет. Осыған байланысты аяқ-киімнің шұлық бөлігі байламға қарағанда кеңірек болуы керек. 2-суретте қалыпты табан және жалпақ табан көрінісі көрсетілген [26].

Аяқ-киімнің ішкі ұлтарағы-аяқтың плантарлы (жүріс) бетінде орналасқан аяқ-киімнің бөлігі. Ол баланың табан терісімен тығыз байланыста болады және аяқ-киім ішіндегі кеңістікте қолайлы температура мен ылғалдылық режимін құруда маңызды рөл атқарады. Баланың табанының пішініне жауап бере отырып, табан аяқ-киімнің шұлық бөлігінде, соңғы

фалангтардың түбінде ең кең өлшемге ие болуы керек. Ортопедиялық ұлтарақтарды жасауға арналған материалдарды таңдау аяқтың көрсетілген проблемалары үшін ортопедиялық емдеудің тиімділігіне әсер ететін өте маңызды. Соңғы жылдардағы текстиль және материал ғылымындағы жетістіктермен емдеу барысында практикалық қолдануды және емделушінің сәйкестік жылдамдығын арттыру үшін жаңа маталар мен композициялық материалдар, сондай-ақ аяқ-киімдегі табандық қысымды өлшеуге арналған тактильді қысым сенсорлары әзірленді [27].

Сурет 2. Қалыпты табан және жалпақ табан көрінісі

Ұлтан – аяқ-киім түбінің негізгі элементі болып табылады. Тірек – қимыл аппаратының қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін аяқ-киімнің маңызды көрсеткіштеріне мыналар жатады: икемділік, қалыңдық, салмақ, жылудан қорғау қасиеттері. Бұлшықеттердің жұмысына және саусақтардың қозғалу еркіндігіне кедергі келтірмейтін аяқ-киімнің жеткілікті икемділігін талап ету баланың дамып келе жатқан аяғы үшін ерекше маңызды. Икемділігі төмен аяқ-киіммен жүру қозғалысты шектейді, аяқтың буындары, жүрісті бұзады, тез шаршауды және дененің қосымша энергия шығынын тудырады. Бұл жалпақ табанның дамуына ықпал етеді .

Аяқ-киімнің маңызды функциясы – аяқтың айналасында қолайлы микроклиматты қамтамасыз ету. Аяқ-киім жасалған материалдың физика-гигиеналық қасиеттері сыртқы ортаның кез-келген микроклиматтық жағдайында аяқ-киімде қажетті температуралық ылғалдылық режимін сақтауға ықпал етеді. Бұл аяқ-киімнің дизайнына, оның мөлшеріне және оның жеке ерекшеліктеріне қойылатын гигиеналық талаптарды анықтайды. Бұл ортопедиялық аяқ-киімнің дизайны жалпақ табан, вальгус табанының деформациясы, аяқтың эквино-варус деформациясы, алдыңғы аяқтың аддукциясы, тобық контрактурасы, аяқтың парезі сияқты аурулардың алдын алуды және емдеуді қамтиды.

Ортопедиялық аяқ-киім белгілі техникалық оңалту құралы, сондықтан ол аяқтың бар деформациялары мен ақауларын ескере отырып әзірленуі және тағайындалуы керек. Сондықтан ортопедиялық аяқ-киімді дәрігердің ұсынысы бойынша қатаң түрде қолдану керек және оны деформациялардың пайда болуын болдырмау үшін қызмет ететін профилактикалық құрал ретінде қарастыру дұрыс емес [28].

Балалар аяқ-киімі нарығын зерттей отырып, мамандар жаңа экономикалық жағдайда «ортопедиялық аяқ-киім» термині «ұтымды аяқ-киім» ұғымын алмастыратын брендке айналды .

Қазіргі таңда Mega Orthopedic брендінің заманауи ортопедиялық балалар аяқ-киімін ортопедиялық дәрігерлер ұсынады. Mega Orthopedic компаниясы заманауи инновациялық тест жүйесі бар анатомиялық және профилактикалық ортопедиялық аяқ-киім шығарады. Ол баланың аяқтарын алдын-ала өзін-өзі диагностикалауға және аяқтың пайда болуындағы мүмкін

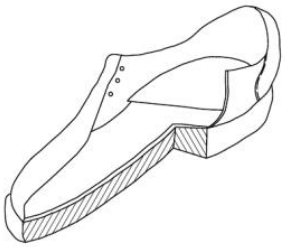
ақаулардың ауырлығын анықтауға арналған. Бұл брендтің аяқ-киімінің табаны алты сегментке бөлінеді (3-сурет). Табанның тозу динамикасын бақылай отырып, аяқтың дамуында деформацияның немесе патологияның болуын анықтауға болады. Сегменттер бойынша абразивті суреттерге сүйене отырып, аяқтың орналасуын тиісті түрде түзету ұсынылады. Аяқтың өзін-өзі бақылау аяқ-киімнің басынан бастап 2-3 аптадан кейін жүзеге асырылады [29].

Сурет 3. Табан сегменттері

1 Сегмент – бала патологиялар анықталған жоқ. *2* Сегмент – балада жалпақ аяқтың динамикасы байқалады және аурудың даму қаупін көрсетеді. *3, 4* Сегменттер – баланың жалпақ табаны бар. Мұны аяқтың жалпақ вальгус деформациясы деп аталатын аяқтың ішке қарай қисаюы көрсетеді. *5, 6* Сегменттер – балада қисық аяқ. Мұны варус позициясы деп аталатын аяқтың сыртқа қарай қисаюы көрсетеді.

Бүгінгі таңда, жалпақ табаны бар адамдар үшін профилактикалық мақсаттағы өнімдердің кең таңдауы ұсынылады. Мұндай аяқ-киім аяқты тезірек қалпына келтіруге ықпал етеді. Арнайы аяқ-киім келесі критерийлерге сәйкес келуге арналған: жүктемені бүкіл аяққа біркелкі бөлу, аяқтың деформациясын түзету және тері аймақтарындағы ауырсынуды азайту [28].

Балаларға арналған профилактикалық аяқ-киімнің конструкциясы (4-сурет) келесіден тұрады: жоғарғы бөлік, супинатор, аяқ-киімнің ішкі бөлігі ұлтарағы, термопластикалы материалдан жасалған ұлтан. Табанның дұрыс орналасуын қамтамасыз ету және оның доғаларын қалыптастыру үшін табанның жүрмейтін бетінде, өкшелі бөлігінде өкше сүйегінің астында тереңдету қарастырылған (0,18 Д қима), ал буын бөлігінде сыртқы және ішкі доғалардың біркелкі орналасуы, өкшенің қосылыс аймағында ең жоғары нүктесі бар, бұл алдыңғы өкше сүйегінің сагиттальды жазықтықтағы айналуын қамтамасыз етеді (0,36 Д қима) (5, 6, 7-сурет). Мектеп жасындағы балалар үшін төсемнің биіктігі 5-7 мм құрайды [30].

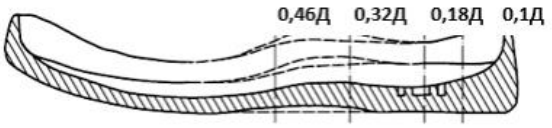


Сурет 4. Аяқ-киімнің кесіндісі

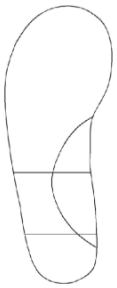
Табанның 0,18 Д қимасында орындалған бірқатар концентрлі дөңгелек қуыстар өкшелік итеру кезінде аяққа соққы жүктемелерінің амортизациясын қамтамасыз етеді. Кіріктірмелі аяқ-киімнің ішкі бөлігі, жүктеме астында деформацияланып, табан сүйектерінің – өкше сүйегінің және плюсне сүйектерінің басының астында қысымның шоғырлануын төмендетуге көмектеседі. Аяқ-киімнің конструкциясы мен материалдары аяқ-киімнің ізі бойынша қысымның оңтайлы бөлінуін және жүру кезінде соққы жүктемелерінің амортизациясын қамтамасыз етеді, аяқ-киімнің байлам бөлігінде массаның азаюына және икемділігінің жоғарылауына, аяқ-киімнің өндірісінің өнімділігін арттыруға және еңбек сыйымдылығын төмендетуге ықпал етеді [31,32].

Формаланған табанның жоғарғы жүрмейтін бетінің анатомиялық пішіні мен қатты артқы бөлігі, өкшені тығыз қоршап тұратын, табанның дұрыс орналасуын қамтамасыз етеді және оның доғаларын қалыптастыру үшін жағдай жасайды, осылайша балаларда табанның статикалық деформацияларының алдын алуға көмектеседі. Бұл өнертабыстың мәні балаларға арналған профилактикалық аяқ-киімнің конструкциясына қатысты. Табанның жүрмейтін беті сыртқы және ішкі доғалардың біркелкі орналасуымен жасалған, ал буын бөлігі қосылыс аймағында ең жоғары нүктесіне ие (0,36 Д қима). Өкше сүйегінің артқы бөлігіне супинатор енгізілген (0,18 Д-ден 0,62 Д қимаға дейін).

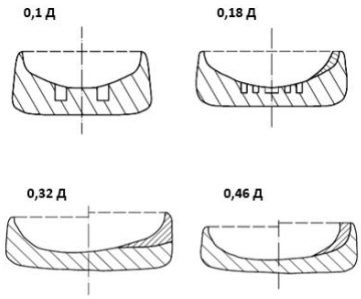
Техникалық нәтиже – аяқ-киімнің табанындағы қысымның оңтайлы түрде таралуын және жүру кезінде соққы жүктемелерінің амортизациялануын қамтамасыз ету, сондай-ақ аяқ-киімнің массасын азайту және икемділікті арттыру.



Сурет 5. Аяқ-киімнің табаны көрсетілген, қозғалмайтын беттің жоғарғы көрінісі



Сурет 6. Табанның бойлық-осьтік қимасы



Сурет 7. Табанның көлденең тік қималары көрсетілген (0,1D; 0,18D; 0,32D; 0,46D, сәйкесінше D – табанның ұзындығы)

Жалпақ табанды емдеу кезінде дұрыс аяқ-киімді таңдау өте маңызды. Мамандар осы уақытта табиғи материалдардан жасалған бұйымдарға артықшылық беруге кеңес береді. Өкше аумағында аздап биіктеу жұмсақ

былғарыдан тігілген аяқ-киім киген орынды. Өкшесінің биіктігі кішкентай, балалар аяқ-киімі үшін – өңірде 5-10 мм.

Қорытынды. Жалпақ табан – балалар арасында жиі кездесетін ортопедиялық мәселелердің бірі және ол бірнеше сатыда дамиды. Осы мақалада сипатталған зерттеулер жалпақ табанның даму динамикасын және оның алдын алудың маңыздылығын көрсетеді. Осыған байланысты профилактикалық аяқ-киімді әзірлеу және пайдалану мәселесі Қазақстан Республикасында ғана емес, бүкіл әлемде өзекті болып отыр.

Арнайы жасалған ортопедиялық аяқ-киім аяққа жүктемені біркелкі таратады және оның дұрыс қалыптасуына ықпал етеді. Мұндай аяқ киімге супинаторлар, ішкі материалдар және аяқтың анатомиялық пішінін сақтауға көмектесетін қатты элементтер кіреді. Сонымен қатар, мұндай аяқ киім жүру кезінде соққы жүктемелерін сіңіреді және статикалық деформациялардың дамуына жол бермейді.

Дұрыс аяқ-киімді таңдау ерте жастан бастап жалпақ табанды емдеуде шешуші рөл атқарады. Мамандар (ортопедтер, подиатрлар, реабилитологтар) өкше аймағында сәл көтерілген, жұмсақ былғарыдан жасалған табиғи материалдардан жасалған бұйымдарды ұсынады. Мұндай аяқ-киім аяқтың жайлылығын қамтамасыз етеді және оның дұрыс дамуына ықпал етеді.

Қорытындылай келе, профилактикалық аяқ-киімнің аяқтың биомеханикасын жақсартатынын және жалпақ табанның дамуын болдырмауға көмектесетінін көрсетеді. Сондықтан балалардың аяқтарының денсаулығын сақтау үшін сапалы және дұрыс таңдалған аяқ-киімнің маңыздылығын ескеру қажет. Мұндай аяқ-киімді мектеп жасына дейінгі және мектеп жасындағы балаларға қолдану өте маңызды, өйткені бұл олардың денсаулығын нығайтады және қозғалыс белсенділігін арттырады. Болашақта осы өзекті бағыт бойынша қосымша ғылыми зерттеулер жоспарлануда, өйткені инновациялық материалдарды пайдалану ортопедиялық өнімдердің тиімділігін арттыруға көмектеседі.

Әдебиеттер тізімі

1. Тенденции развития легкой промышленности АО «Центр развития торговой политики «QazTrade»» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://qaztrade.org.kz/eng/trends-in-the-development-of-light-industry/. Дата обращения: 10.01.2025
2. Джураева, М.И. Научное обоснование разработки конструкции детской ортопедической обуви [Текст] / М.И. Джураева // Вестник науки. – 2022. – Т. 4. – №. 3 (48). – С. 176-182.
3. Юсупова Л.Х. Особенности антропометрических показателей стоп подростков Жамбылской области [Текст] / Л.Х. Юсупова, Б. Абзалбекулы, С.Е. Мунасипов // Вестник АТУ. – 2024. – №143(1). – С. 217-223.
4. Spahn G., Schiele R., Hell AK., Klinger HM.,Jung R., Longlotz A. The prevalence of foot pain and foot deformities in adolescents // Festschrift Fur Orthopedic Und Ire Grenzgebiete. – 2004. – P. 389-396.
5. Яковлева, Н.В. Прогнозирование комфортности обуви [Текст] / Н.В. Яковлева // Кожевенно-обувная промышленность. – 2004. – №5. – С.. 37-38.
6. Фукин, В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви [Текст] / В.А. Фукин, В.Х. Буй. – М.: Изд. Московский Государственный университет дизайна и технологии, 2006. – 214 с.
7. Киселева, М.В. Разработка рациональной конструкции медицинской профилактической обуви и обуви повышенной комфортности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / М.В. Киселева. – М.: МГУДТ, 2008. – 118 с.

8. Киселева, М.В. Анализ антропометрических данных стоп детей [Текст] / М.В. Киселева, В.А. Фукин, Т.Ш. Егорова // Кож.-обувная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 45- 46.
9. По прогнозам ВОЗ, к 2030 году в Казахстане будет полмиллиона детей с избыточным весом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energyprom.kz/articles-ru/society-ru/po-prognozam-voz-k-2030-godu-v-kazahstane-budet-polmilliona-detej-s-izbytochnym-vesom/.
10. Тяжелые портфели школьников - один из факторов нездоровья. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://surl.li/tuwsfp.
11. Абзалбекұлы, Б. Қазақстан тұрғындары табандарын антропометриялық зерттеу нәтижелері [Мәтін]: монография / Б. Абзалбекұлы, С.Е. Мунасипов. – Тараз: Изд. ИП «Бейсенбекова», 2020. – 80 с.
12. Lee Y.C. Stature estimation using foot dimensions via 3D scanning in Taiwanese male adults // Journal Science & Justice. – 2021. – P. 669-677.
13. Плоскостопие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30460557.
14. Плоскостопие у детей. Симптомы и причины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://biosfera.kz/pavblog/blog?id=196
15. Fritz B., Mauch M. Foot development in childhood and adolescence //Handbook of footwear design and manufacture. – Woodhead Publishing, 2013. – 49-71 p.
16. Price C. et al. Biomechanics of the infant foot during the transition to independent walking: A narrative review //Gait & Posture. – 2018. – Vol. 59. – P. 140-146.
17. Abaraogu U. O. et al. Association between flatfoot and age is mediated by sex: A cross-sectional study //Polish Annals of Medicine. – 2016. – Vol. 23. – No. 2. – P. 141-146.
18. Почему возникает плоскостопие у детей? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://deti-indigo.kz/direction/ploskostopie-skolioz-i-displazii/#what.
19. Uzunova A., Mollova K., Bekir N. The Flat Foot-Causes And Consequences //Knowledge-International Journal. – 2020. – Vol. 43. – No. 4. – P. 799-802.
20. Тяжелые портфели школьников - один из факторов нездоровья. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://surl.li/tuwsfp.
21. Плантография – определение степени плоскостопия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fdoctor.ru/plantografiya-opredelenie-stepeni-ploskostopiya/.
22. Blitz N. M. et al. Flexible pediatric and adolescent pes planovalgus: conservative and surgical treatment options //Clinics in podiatric medicine and surgery. – 2010. – Vol. 27. – No. 1. – P. 59-77.
23. Kanatlı U., Aktas E., Yetkin H. Do corrective shoes improve the development of the medial longitudinal arch in children with flexible flat feet? //Journal of Orthopaedic Science. – 2016. – Vol. 21. – No. 5. – P. 662-666.
24. Rodriguez N., Volpe R. G. Clinical diagnosis and assessment of the pediatric pes planovalgus deformity //Clinics in podiatric medicine and surgery. – 2010. – Vol. 27. – No. 1. – P. 43-58.
25. Mosca V. S. Flexible flatfoot in children and adolescents //Journal of children's orthopaedics. – 2010. – Vol. 4. – No. 2. – P. 107-121.
26. Благородов, А.А. Возможности профилактических мер и корригирующих деталей по снижению патологических отклонений стоп у детей [Текст] / А.А. Благородов, Д.О. Бордух, В.Т. Прохоров //Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – №. 3-7. – С. 67-106.
27. Yick K. L., Tse C. Y. Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles //Handbook of footwear design and manufacture. – Woodhead Publishing, 2013. – 341-371 p.
28. Skirmont E. I. et al. Assesment of commercially available children’s orthopedic footwear //Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. – 2018. – Vol. 6. – No. 4. – P. 84-91.
29. Дашкевич, О.А. О конструкциях современной профилактической и ортопедической детской обуви [Текст] / О.А. Дашкевич, Л.А. Вихрова, В.В. Костылева // Дизайн, Технологии И Инновации В Текстильной И Легкой Промышленности (Инновации-2015). – 2015. – С. 87-90.

30. Узакова Л.П. Разработка конструкции детской профилактической обуви для детей с патологическими отклонениями [Текст] / Л.П. Узакова [и др.] // Техника. Технологии. Инженерия. – 2017. – №. 2. – С. 120-123.
31. [?] // Патент на изобретение. №2414831, кл. A43B17/00,15.04.2010.
32. [?] // Патент на изобретение. №2407489, кл. A61F5/14,27.05.2009.

Материал редакцияға 12.02.25 түсті, 14.03.25 қабылданды.

М.Д. Мэлс[1], Л.Т. Сарттарова[1], B.O. Bitlisli[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Эгейский университет, г. Измир, Турция

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ И СТРУКТУРЫ ОБУВИ НА РАЗВИТИЕ ДЕТСКОЙ СТОПЫ

Аннотация. В этой обзорной статье рассматриваются исследования, основанные на биомеханических и клинических материалах, направленных на изучение влияния обуви на развитие стопы. Результаты обзора литературы подтверждают необходимость достижения прогресса в науке о детской обуви и предварительного понимания взаимодействия стопы и обуви. Для сохранения и укрепления здоровья подрастающего поколения важнейшую роль играет правильная обувь. Чтобы детская обувь соответствовала своему назначению, она должна отвечать ряду гигиенических требований, вытекающих из анатомных и физиологических особенностей тела ребенка и, прежде всего, его стоп. Вместе с верхними частями стопы подошва является важным и сложным органом по строению и функциям. Переход ребенка от сидения к ходьбе занимает около 9 месяцев, и за это время структуры и функции стопы должны реагировать на проблемы, связанные с переносом нагрузки, и поэтому правильная обувь становится важным элементом для движения.

Ключевые слова: обувь, плоскостопие, нервно-мышечная, ортопедия, сегменты стопы, профилактическая обувь, супинатор.

M. Mels[1], L. Sarttarova[1], B.O. Bitlisli[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Ege University, İzmir, Turkey

STUDY OF THE INFLUENCE AND STRUCTURE OF FOOTWEAR ON THE DEVELOPMENT OF CHILDREN'S FEET

Abstract. This review article discusses studies based on biomechanical and clinical materials aimed at exploring the impact of footwear on foot development. The results of the literature review confirm the need for progress in the science of children's footwear and the preliminary understanding of the interaction between the foot and footwear. Proper footwear plays a crucial role in maintaining and strengthening the health of the growing generation. For children's footwear to fulfill its purpose, it must meet a number of hygienic requirements arising from the anatomical and physiological characteristics of the child's body, particularly the feet. Along with the upper parts of the feet, the sole is an important and complex organ in terms of structure and function. The transition from sitting to walking takes about 9 months, during which time the structures and functions of the feet must adapt to the issues related to load-bearing, making proper footwear an important element for movement.

Keywords: footwear, flatfoot, neuromuscular, orthopedics, foot segments, preventive footwear, supinator.

References

1. Trends in the development of light industry of JSC "Center for Development of Trade Policy" QazTrade "[Electronic resource]. - Access mode: https://qaztrade.org.kz/eng/trends-in-the-development-of-light-industry/. Date of access: 10.01.2025. [in Russian].
2. Dzhurayeva M.I. Nauchnoye obosnovaniye razrabotki konstruktsii detskoy ortopedicheskoy obuvi [Scientific substantiation of the development of the design of children's orthopedic shoes] // Bulletin of science. – 2022. – Vol. 4. – No. 3 (48). – P. 176-182. [in Russian].
3. Yusupova L.KH., Abzalbekuly B., Munasipov S.Ye. Osobennosti antropometricheskikh pokazateley stop podrostkov Zhambylskoy oblasti [Features of anthropometric indicators of the feet of adolescents in the Zhambyl region] // Bulletin of ATU. – 2024. – No. 143(1). – P. 217-223. [in Russian].
4. Spahn G., Schiele R., Hell AK., Klinger HM.,Jung R., Longlotz A. The prevalence of foot pain and foot deformities in adolescents // Festschrift Fur Orthopedic Und Ire Grenzgebiete. – 2004. – R. 389-396.
5. Yakovleva, N.V. Prognozirovaniye komfortnosti obuvi [Forecasting the comfort of shoes] // Leather and footwear industry. – 2004. – No. 5. – P. 37-38. [in Russian].
6. Fukin, V.A., Buy, V.KH. Razvitiye teorii i metodologii proyektirovaniya vnutrenney formy obuvi [Development of the theory and methodology for designing the internal shape of shoes]. – Moscow: Publ. Moscow State University of Design and Technology, 2006. – 214 p. [in Russian].
7. Kiseleva, M.V. Razrabotka ratsional'noy konstruktsii meditsinskoy profilakticheskoy obuvi i obuvi povyshennoy komfortnosti [Development of a rational design of medical preventive footwear and footwear with increased comfort]: dis. ... Candidate Of Technical Sciences/ M.V. Kiseleva. – Moscow: MSUDT, 2008. – 118 p. [in Russian].
8. Kiseleva M.V., Fukin V.A., Yegorova T.SH. Analiz antropometricheskikh dannykh stop detey [Analysis of anthropometric data of children's feet] // Leather and footwear industry. – 2006. – No. 2. – P. 45- 46. [in Russian].
9. According to WHO forecasts, by 2030 there will be half a million overweight children in Kazakhstan. [Electronic resource]. – Access mode: https://energyprom.kz/articles-ru/society-ru/po-prognozam-voz-k-2030-godu-v-kazahstane-budet-polmilliona-detej-s-izbytochnym-vesom/. [in Russian].
10. Heavy schoolbags are one of the factors of ill health. [Electronic resource]. Access mode: https://surl.li/tuwsfp. [in Russian].
11. Abzalbekuly, B., Munasipov, S.Ye. Kazakhstan turgyndary tabandaryn anthropometricalyk zertteu natizheleri [Abzalbekuly, B. Results of anthropometric studies of the feet of the population of Kazakhstan]: monograph. – Taraz: Publishing house. IP “Beisenbekova”, 2020. – 80 p. [in Kazakh].
12. Lee Y.C. Stature estimation using foot dimensions via 3D scanning in Taiwanese male adults // Journal Science & Justice. – 2021. – P. 669-677.
13. Flat feet. [Electronic resource]. – Access mode: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30460557. [in Russian].
14. Flat feet in children. Symptoms and causes. [Electronic resource]. – Access mode: https://biosfera.kz/pavblog/blog?id=196 [in Russian].
15. Fritz B., Mauch M. Foot development in childhood and adolescence //Handbook of footwear design and manufacture. – Woodhead Publishing, 2013. – 49-71 p.
16. Price C. et al. Biomechanics of the infant foot during the transition to independent walking: A narrative review //Gait & Posture. – 2018. – Vol. 59. – P. 140-146.
17. Abaraogu U. O. et al. Association between flatfoot and age is mediated by sex: A cross-sectional study //Polish Annals of Medicine. – 2016. – Vol. 23. – No. 2. – P. 141-146.

18. Why does flatfoot occur in children? [Electronic resource]. – Access mode: https://deti-indigo.kz/direction/ploskostopie-skolioz-i-displazii/#what. [in Russian].
19. Uzunova A., Mollova K., Bekir N. The Flat Foot-Causes And Consequences //Knowledge-International Journal. – 2020. – Vol. 43. – No. 4. – P. 799-802.
20. Heavy school bags - one of the factors of ill health. [Electronic resource]. - Access mode: https://surl.li/tuwsfp. [in Russian].
21. Plantography - determination of the degree of flat feet. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.fdoctor.ru/plantografiya-opredelenie-stepeni-ploskostopiya/. [in Russian].
22. Blitz N. M. et al. Flexible pediatric and adolescent pes planovalgus: conservative and surgical treatment options //Clinics in podiatric medicine and surgery. – 2010. – Vol. 27. – No. 1. – P. 59-77.
23. Kanatlı U., Aktas E., Yetkin H. Do corrective shoes improve the development of the medial longitudinal arch in children with flexible flat feet? //Journal of Orthopaedic Science. – 2016. – Vol. 21. – No. 5. – P. 662-666.
24. Rodriguez N., Volpe R. G. Clinical diagnosis and assessment of the pediatric pes planovalgus deformity //Clinics in podiatric medicine and surgery. – 2010. – Vol. 27. – No. 1. – P. 43-58.
25. Mosca V. S. Flexible flatfoot in children and adolescents //Journal of children's orthopaedics. – 2010. – Vol. 4. – No. 2. – P. 107-121.
26. Blagorodov A.A., Bordukh D.O., Prokhorov V.T. Vozmozhnosti profilakticheskikh mer i korrigiruyushchikh detaley po snizheniyu patologicheskikh otkloneniy stop u detey [Possibilities of preventive measures and corrective details to reduce pathological deviations of the feet in children] // Current scientific research in the modern world. – 2020. – No. 3-7. – P. 67-106. [in Russian].
27. Yick K. L., Tse C. Y. Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles //Handbook of footwear design and manufacture. – Woodhead Publishing, 2013. – 341-371 p.
28. Skirmont E. I. et al. Assesment of commercially available children’s orthopedic footwear //Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. – 2018. – Vol. 6. – No. 4. – P. 84-91.
29. Dashkevich O.A., Vikhrova L.A., Kostyleva V.V. O konstruktsiyakh sovremennoy profilakticheskoy i ortopedicheskoy detskoy obuvi [On the designs of modern preventive and orthopedic children's shoes] // Design, Technology and Innovations in the Textile and Light Industry (Innovations-2015). – 2015. – P. 87-90. [in Russian].
30. Uzakova L.P. et al. Razrabotka konstruktsii detskoy profilakticheskoy obuvi dlya detey s patologicheskimi otkloneniyami [Development of the design of children's preventive footwear for children with pathological deviations] // Technology. Technologies. Engineering. – 2017. – No. 2. – P. 120-123. [in Russian].
31. [?] // Patent for invention. No. 2414831, cl. A43B17 / 00, 15.04.2010. [in Russian].
32. [?] // Patent for invention. No. 2407489, class A61F5/14, 05/27/2009. [in Russian].

IRSTI 64.29.15

Kh.Yu. Ulug'muradov[1] – *main author*,
E.T. Muxametshina[2], B.S. Altmishov[3], R.M. Muradov[4]

[1]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, [2]PhD,
[4]Doctor of Technical Sciences, Professor

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-4878-8725 [2]https://orcid.org/0000-0002-2945-8440*
[3]https://orcid.org/0000-0003-0950-1007 [4]https://orcid.org/0000-0002-0443-2244

[1,2,3]Jizzakh polytechnic institute, Jizzakh, Uzbekistan
[4]Namangan state technical university, Namangan, Uzbekistan

@ *[2]mukhammadiyeva94@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ZBXO7784

CONDUCTING EXPERIMENTS BY INSTALLING A DIFFERENT MESH SURFACE ON LABORATORY EQUIPMENT THAT CLEANS FROM SMALL IMPURITIES

Abstract. This article presents a study on a machine designed for cleaning cotton from small impurities, focusing on its main components. A laboratory version of the cleaning equipment was developed, and its operating principle is described. Various mesh surfaces were prepared in different sizes and shapes, and their effective surface areas were measured. The research objectives were defined, and experiments were conducted using mesh surfaces of different geometries installed on the laboratory equipment. The impact of mesh surface shape on cleaning efficiency, seed damage, and the presence of fiber defects and residual impurities was analyzed. The obtained results were analyzed, and the compliance of the equipment's cleaning efficiency and the levels of fiber and seed damage with state standards was studied. Based on the analysis, it was established that the cleaning efficiency had increased.

Keywords: cotton, clean, fiber, mesh surface, pile drums, efficiency, small impurities, defects, seed, contamination, grade, saw gin.

Ulug'muradov Kh.Yu., Muxametshina E.T., Altmishov B.S., Muradov R.M. Conducting experiments by installing a different mesh surface on laboratory equipment that cleans from small impurities //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.470-476. https://doi.org/10.55956/ZBXO7784

Introduction. During the years of independence, a wide range of measures have been implemented in our republic to improve the consumer properties of cotton products, to create technological processes for the initial processing of cotton and high-efficiency production management systems. In this regard, significant results have been achieved, including in obtaining cotton products of a certain quality from raw materials processed at cotton ginning enterprises, depending on their initial indicators, and in improving the techniques and technology for cleaning cotton from small impurities. At the same time, the low efficiency of cotton ginning and production productivity remain an urgent issue [1].

The separation of small impurities from the cotton is mainly carried out using a pile drum and a mesh surface [2].

The main disadvantage of the device is that since the process of cleaning cotton raw materials from small impurities is mainly carried out on a fixed mesh surface and a pile drum, the degree of damage to cotton increases and productivity is low [3].

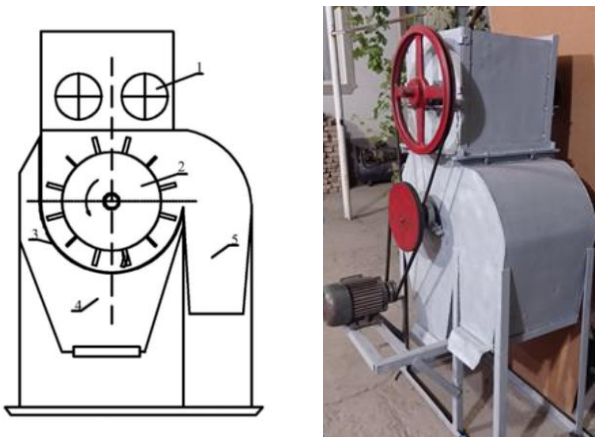
Materials and methods. Drawings of the proposed equipment for cleaning small impurities from cotton with an improved elastic pile drum were prepared, and a laboratory device was developed based on these drawings. The elastic pile-plate drum is transferred to the elastic pile-plate drum *2* using feed rollers *1* located in the improved cleaner body, with the help of which the cotton is passed through a mesh surface *3*, and as a result, the process of separating small impurities from the raw materials is carried out. The impurities separated from the cotton raw material fall into the impurities bunker *4*, and the cleaned raw material falls into the cleaned cotton bunker *5*.

In the laboratory version of the cleaning equipment, the effects of the working parts, the geometric dimensions of the pile-slatted drum, the shape of the feed rollers, the speeds and the distance between the pile-slatted drums and the mesh surface, and the shape of the mesh surface made in different sizes on the cleaning efficiency were experimentally determined [4].

A general view of the experimental equipment is presented in Figure 1.

The width of the proposed laboratory equipment for cleaning small impurities from cotton is 400 mm, the height is 1700 mm, the distance between the supply rollers and the pile-slatted drum axes is 300 mm, and the distance between the pile-slatted drums and the mesh surface is 14-18 mm.

The experimental equipment works as follows: the feed rollers *1*, rotating relative to each other, transfer the cotton to the pile-slatted drum *2*. The drum with pegs and slats separates small impurities from the cotton by dragging and dragging it on the surface of the mesh surface *3*. The impurities separated from the cotton fall into the impurity bunker *4* through the holes of the mesh surface. The cleaned cotton is collected in the cotton bunker through the outlet throat *5* [5].



1 – feed rollers; 2 – pile-slatted drum; 3 – mesh surface; 4 – dirt hopper; 5 – cleaned cotton outlet.

Fig. 1. General view of the experimental equipment

Research results and discussion. The experiments were conducted in the following variants:

– in the existing cleaning process on the peg-and-slat drums;

– without changing the number of revolutions of the existing peg-and-slat drum and in the proposed technological process;

– without changing the existing mesh surface and in the technological process with the proposed mesh surface shape installed;

– the effect of the shape and dimensions of the mesh surface on the cotton raw material, in the technological process;

– the effect of the size of the mesh surface holes, the distance of 14-18 mm between the mesh surface and the peg-and-slat drum, on the cleaning efficiency of the equipment. Each experiment was repeated 8 times and the average values of the results were obtained.

Samples were taken before and after the cleaner. The moisture content and dirtiness of each cotton sample were determined. During the research work, the useful surface area of the mesh surface and the effect of mesh surfaces on cotton raw materials were studied. Sample analyses obtained during the experiment were performed in the laboratory of the Department of "Natural Fibers and Fabric Processing Technology" based on the methods given in the state standards UzDst 632:2016, UzDSt 644:2006, UzDSt 592:2018 [6].

Initially, a laboratory copy of the pile-slat drum 400 mm long and 400 mm in diameter, available in cleaning equipment, was prepared and experiments were conducted (Figure 1). The experimental results are presented in Table 1.

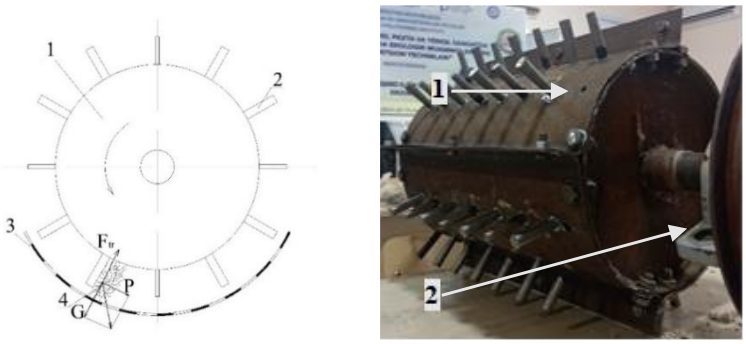
Table 1

Results of test work conducted on laboratory equipment with pile-slat drums

№	Indicators	Unit	Pile-plank drums	
			Existing	Modified
1	Cotton selection – variety – grade		Ravnak I 2	Ravnak I 2
2	Before cleaning (Input cotton parametrs) – moisture content – trash content	 % %	 9.2 6	 9.2 6
3	After cleaning (Output cotton parametrs) – moisture content – trash content	 % %	 9.2 2.4	 9.2 2.2
4	Cleaning efficiency of the equipment	%	42.2	46.7
5	Equipment performance	kg/hour	7075	7075
6	Mass fraction of defective fibers and residual impurities in the fiber after cleaning	%	2.24	1.96
7	Seed condition after ginning – seed fuzziness (hairiness of the seed) – degree of seed damage	 % %	 10.9 3.44	 10.5 3.15

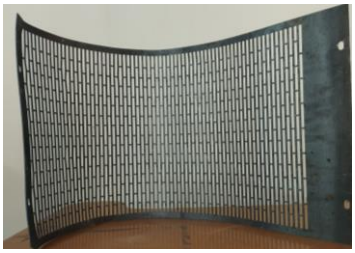
After obtaining results in the laboratory equipment with the existing pile-and-slat drum and mesh surface, experiments were conducted in the laboratory with the shape and dimensions of the mesh surface changed (Figure 2). The experimental results are recorded in Table 2.

The mesh surfaces in Figure 3 were prepared in different sizes. The separation of fine impurities and the condition of the cotton after cleaning are presented in Figure 4.



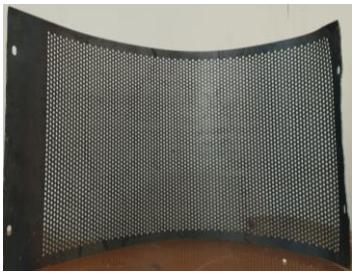
1 – pile-barrel drum; 2 – piles; 3 – mesh surface; 4 – cotton piece.

Fig. 2. Scheme and general view of the existing pile-barrel drum of the cotton cleaning equipment

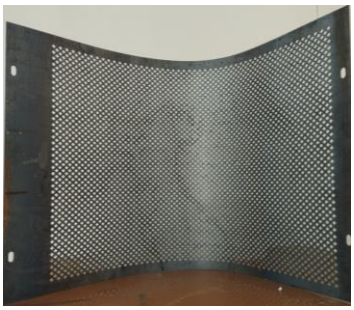


6x50

6x6



A polygon with sides of 6 mm



rhombus with a spacing of 6 mm

Fig. 3. Mesh surfaces prepared in different sizes

a) b) c)

a) appearance of unpolished cotton; b) appearance of cleaned cotton; c) separated fine impurities

Fig. 4. Fine impurities separated from cleaned cotton and appearance of cleaned cotton

Comparative experimental research was carried out on industrial varieties of Ravnak selected cotton I/1 and Sultan selected cotton II/2.

Experimental research was carried out on the basis of the established methodological methodology.

As is known, the new technology for separating fine impurities from cotton differs from its predecessors in its constructive advantages.

When choosing the geometric dimensions of the piles of the fine impurities separation equipment, experiments were conducted with different values of the diameter of the pile and the distance between the mesh surface and the mesh surface dimensions. In order to study the effect of the improved mesh surface in the cleaning equipment and the movement of cotton on it on fiber and seed damage, the mesh surface shape and size, the distances between the pile tip and the mesh surface were selected.

First, the existing mesh surface was installed and the experiment was conducted. In this case, when Ravnak selected I-industrial grade cotton with a moisture content of 9.2% and an average impurity of 6% was cleaned in the machine, the average impurity of the cotton after the machine was 2.4%, and the cleaning efficiency of the machine was 42.2%. When the efficiency of the machine was determined by the chronometry method, it was 7075 kg/hour on average. To determine the quality of the fiber in the cleaned cotton, the cotton was ginned on a 10-saw gin in the laboratory, and then cleaned in a fiber cleaner in the laboratory. To determine the quality of the cleaned fiber, samples were taken 8 times, analyzed, and the average was taken. It was determined that the mass fraction of defective fibers and impurities in the fiber after the fiber cleaner was 1.95% on average, and the quality indicator belonged to the I-grade "Oliy" class according to the state standard UzDst 632:2016.

Conclusion. To determine the quality of the cotton content, samples were taken from the post-ginned seed and analyzed in laboratory conditions. The average hairiness of the post-ginned seed was 10.9%, and the average damage was 3.44%. This indicator was achieved when using an elastic pile-slatted drum in the equipment. When cleaning Ravnak selection I-industrial grade cotton with a moisture content of 9.2% and an average dirt content of 6%, the average dirt content of the post-ginned cotton was 2.4%, and the quality of the cotton improved by an average of 0.2 (abs)% compared to the quality of cotton produced by the existing drum equipment. It was found that the cleaning efficiency of the equipment in cleaning cotton was 45% on average, which is 2.8 (abs)% higher than the cleaning efficiency of the existing drum equipment. In this case, the average productivity of the equipment was 7075 kg/h, and it was found that the cleaning efficiency of the equipment was improved by an average of 3% compared to the existing mesh surface taken for the experiment.

To determine the quality of the fiber in the cleaned cotton, the cotton was first ginned on a 20-saw gin. In this case, the hairiness of the seed after ginning was 10.5% on average, and the seed hairiness level decreased by 0.4 (abs)%. The average damage of the seed was 3.15%, which was 0.29 (abs)% less than the damage of the seed obtained from the gin produced by the existing gin, and the quality of the seed was improved.

The fiber produced from the ginned cotton was transferred to the fiber cleaner through the gin nozzle and cleaned. The mass fraction of defective fibers and impurities in the cleaned fiber was on average 1.96%, and the quality improved by 0.38 (abs)%, which determined its belonging to the II-grade "Oliy" class according to the state standard UzDst 632:2016.

References

1. Ulugmuradov H.Yu., Abbazov I.Z., Muradov R.M. Study on improving the efficiency of cleaning the pile drum // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 614. – No. 1.
2. Ulug'muradov Kh.Y., Abbazov I.Z., Mukhametshina E.T. Analysis of cleaning machines in cotton plant // Zbiór artykułów naukowych recenzowanych [Collection of peer-reviewed scientific articles]. – 2020. – Vol. 13.
3. Muradov R. et al. Principles of making pile of cotton cleaning machines from elastic material. – Universum: technical sciences, 2020. – Vol. 10-6 (103). – 5-9 p.
4. Muradov R.M., Abbazov I.Z., Mukhametshina E.T. Analiz stepeni povrezhdennosti semyan v tekhnologicheskom protsesse pervichnoy obrabotki khlopka-syrtsa [Analysis of seed damage degree in the technological process of primary processing of raw cotton] // Innovative Approaches in Modern Science. – 2020. – P. 81-88. [in Russian].
5. Sharopov B., Muradov R., Novruzov S. Principles of making piles from elastic material when cleaning cotton from small impurities. – Universum: technical sciences, 2024. – Vol. 8.3 (120). – 16-20 p.
6. Ulugmuradov X. et al. Basis of the improved construction of cotton cleaning equipment // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 434.
7. Mukhametshina E.T., Jamolov A., Muradov R.M. Study on possibilities of scarring ways to reduce in the cotton cleaning process // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 614. – No. 1. – P. 012128.
8. Mukhametshina E. et al. Improving fiber quality by reducing seed damage in the gin machine // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 304. – P. 03018.

Received: 06 February 2025
Accepted: 17 March 2025

Х.Ю. Улугмурадов[1], Э.Т. Мухаметшина[1], Б.С. Алтмышев[1], Р.М. Мурадов[2]

[1]Жизақ политехникалық институты, Жизақ қ., Өзбекстан Республикасы
[2]Наманган мемлекеттік техникалық университеті,
Наманган қ., Өзбекстан Республикасы

ҰСАҚ ҚОСПАЛАРДАН ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАБДЫҚҚА ӘРТҮРЛІ ТОР БЕТТЕРДІ ОРНАТУ АРҚЫЛЫ ЭКСПЕРИМЕНТТЕР ЖҮРГІЗУ

Аңдатпа. Мақалада мақтаны ұсақ қоспалардан тазартуға арналған машинаның құрылымы мен негізгі элементтеріне бағытталған зерттеу ұсынылады. Тазарту жабдығының зертханалық нұсқасы жасалып, оның жұмыс істеу принципі сипатталған. Тор беттер әртүрлі өлшемдер мен пішіндерде дайындалып, олардың тиімді жұмыс беті өлшенді. Зерттеудің мақсаттары айқындалды, әртүрлі геометриядағы тор беттерді зертханалық жабдыққа орнатып, тәжірибелер жүргізілді. Тор бетінің пішіні тазалау тиімділігіне, тұқымның зақымдануына, талшықтағы ақаулар мен қалдық қоспаларға әсері талданды. Алынған нәтижелер жабдықтың тазалау тиімділігі мен талшық пен тұқымның зақымдану деңгейінің мемлекеттік стандарттарға сәйкестігін анықтау үшін талданды. Зерттеу нәтижелері бойынша тазалау тиімділігі артқаны анықталды.

Тірек сөздер: мақта, тазарту, талшық, тор беті, ине барабандары, тиімділік, ұсақ қоспалар, ақаулар, тұқым, ластану, сорт, тісті джин.

Х.Ю. Улугмурадов[1], Э.Т. Мухаметшина[1], Б.С. Алтмышев[1], Р.М. Мурадов[2]

[1]Джизакский политехнический институт, г. Джизак, Республика Узбекистан
[2]Наманганский государственный технический университет, г. Наманган, Республика Узбекистан

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С УСТАНОВКОЙ РАЗЛИЧНЫХ СЕТЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ МЕЛКИХ ПРИМЕСЕЙ

Аннотация. Статья посвящена исследованию машины, предназначенной для очистки хлопка от мелких примесей, с акцентом на её основные конструктивные элементы. Была создана лабораторная версия очистного оборудования, описан принцип его работы. Представлена информация о сетчатых поверхностях. Сетчатые поверхности были подготовлены в различных размерах и формах, и была определена их эффективная площадь. Были поставлены исследовательские задачи, проведены эксперименты с установкой сетчатых поверхностей различных форм на лабораторное оборудование, получены результаты. Проанализировано влияние изменения формы сетчатой поверхности на эффективность очистки хлопка, повреждение семян, а также количество дефектов и примесей в волокне. Полученные результаты были проанализированы, изучено соответствие эффективности очистки оборудования, уровня повреждения волокна и семян государственным стандартам. По результатам анализа было установлено, что эффективность очистки повысилась.

Ключевые слова: хлопок, очистка, волокно, сетчатая поверхность, игольчатые барабаны, эффективность, мелкие примеси, дефекты, семена, загрязнение, сорт, пильный джин.

ҒТАМР 30.15.15

Т. Бижигитов[1] – *негізгі автор,*
А.Н. Аманбаева[2]

[1]*Физ. мат. ғылым. канд., профессор,*[2]*Аға оқытушы*
[1]*https://orcid.org/0000-0002-1098-6657* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4404-3398*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*Bizhigitov_temirhan@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/JOBA8228

1Н МҰЗ МОДИФИКАЦИЯСЫНЫҢ ЖОҒАРҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТӨМЕНГІ ТЕМПЕРАТУРАЛАРДАҒЫ СЕРПІМДІЛІК ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада алғаш рет тұрақты 130 К, 170 К температураларда 15-680 МПа қысым аралығында 1h мұз модификациясының салыстырмалы көлемінің және онда тарайтын қума, көлденең толқындардың қысымға тәуелділігі тәжірибе жүзінде өлшенді. Тәжірибеден алынған физикалық параметрлерді пайдаланып, физикадан белгілі заңдылықтар мен формулаларды қолданып изотермиялық үдерістер үшін зерттеліп отырған үлгінің көлемдік ұлғаю коэфицентінің, Дебайдың сипаттамалық және келтірілген температурасы мен меншікті жылу сыйымдылықтың қысымға тәуелділіктері есептеліп анықталды. Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында теориялық және практикалық маңыздылығы ерекше мұздың P-T координатасындағы фазалық диаграммасы қолданылды. Қатты денелердің механикалық және энергетикалық сипаттамасын беретін жылулық көлемдік ұлғаю коэфицентінің әртүрлі температурасындағы қысымға тәуелділігін анықтау тәжірибемен өлшенген $V(P)_t$ қисығының бірінші текті фазалық өтуге дейінгі бөлігін дифференциалдау арқылы іске асырылды. Зерттеу кезінде барлық температуралар мен қысымдарда камера мен жоғары және төменгі поршеньдердің қысымға тәуелді деформациялары ескерілді. Камера бөлшектерінің жылулық көлемдік ұлғаюлары шамалы болғандықтан ескерілмеді.

Тірек сөздер: серпімді толқындар, көлемдік жылулық ұлғаю коэфиценті, келтірілген және Дебайдың сипаттамалық температурасы, жоғары қысым мен төменгі температура, жылу сыйымдылықтар.

Бижигитов, Т. 1h мұз модификациясының жоғарғы қысым мен төменгі температуралардағы серпімділік және жылулық қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / Т. Бижигитов, А.Н. Аманбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.477-484. https://doi.org/10.55956/JOBA8228

Кіріспе. Мұз қатты, сұйық, газ күйінде планетамыздың атмосферасында, беті мен қойнауында және тірі организмдерде ең көп кездесетін зат, сонымен қатар адам баласының тұрмыстық өмірінде жиі қолданылатын сұйықтық болып табылады. Ғалымдар соңғы жылдары Жердің атмосферасы мен бетіндегі экологиялық ахуалдың бұзылуын судың айналымына байланысты екендігін дәлелдеп отыр. Планетамызда адам санының көбеюіне және көптеген өндіріс орындарында өтетін технологиялық

үдерісте тұщы суды пайдалануына байланысты жақында оның тапшылығы туралы проблемалар туындайды. Жер беті мен қойнауында кездесетін 2% тұщы судың 1.6% солтүстік полюсте қалыңдығы 5000 метр жететін мұз қабаттарында әртүрлі күйлерде кездесетіндігі дәлелденіп отыр. Сондықтан тұщы судан кристалданған мұздың P-T координатасындағы фазалық диаграммадағы мұз модификацияларының механикалық, физикалық және химиялық қасиеттерін зерттеуіміз қажет. Қазіргі таңда мұхиттарда қалқып жүрген орасан үлкен мұз тауларындағы қатты күйлердегі тұщы су оның бетінен қандай тереңдікте орналасқанын, қабатының қалыңдығын анықтау тұщы судан туындайтын қиындықтарды шешуге мүмкіндік береді [1,2]. Мұхит және теңіз суларынан пайда болатын мұздардың механикалық қасиеттері үлкен емес қысым мен температура аралығында зерттелгендері туралы жазылған ғылыми мақалалар бар. Бірақ оның өзі онша көп емес. Ал тұщы судың жоғарғы қысым мен төменгі температурадағы фазалық диаграммасындағы мұз модификацияларын сипаттайтын физикалық парамертрлердің қысым мен температураға тәуелділіктері зерттелмеген. Яғни мақалада тәжірибе жүзінде және есептеулердің арқасында алынған нәтижелер практикалық маңыздылығы үлкен өзекті мәселелерді талқылайды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қатты денелерде қума толқындармен қатар көлденең толқындар тарайды. Сондықтан біз серпімді толқындардың орташа жылдамдығын аламыз. Ол қарапайым жағдайда төменде келтірілген формуламен өрнектеледі [3,4]:

$$\frac{3}{\bar{v}^3} = \frac{1}{v_{\text{қума}}^3} + \frac{1}{v_{\text{көл}}^3} \tag{1}$$

Тербелістің толқын ұзындығы кеміп немесе меншікті тербелісі артқанда тербеліс саны көбейеді [5].

$$dn = \frac{4\pi V}{\bar{v}^3} v^2 dv \tag{2}$$

Зерттеп отырған үлгіміз 3N еркіндік дәрежесі бар N осциллятордан тұрады деп алсақ,онда жүйедегі серпімді тербелістің максимал саны мынаған тең:

$$n_{max} = 3N = \frac{4}{3}\pi \frac{V}{\bar{v}^3} v_m^2 \tag{3}$$

Дебайдың теориясында серпімді тербелістің максимал санын анықтағанда ортаның дискреттілігі ескеріледі. Демек жиіліктік (фонондық) спектрді анықтай аламыз. Орташа $\bar{v}$ жылдамдықты максимал v_m жиілікпен өрнектейік:

$$\bar{v} = \left(\frac{4\pi V}{9N}\right)^{1/3} v_m \tag{4}$$

Дебайдың сипаттамалық температурасын енгізсек [6]:

$$\theta_D = \theta = \frac{h v_m}{k}$$

(4)-формуласы төмендегідей түрленеді:

$$\bar{v} = \sqrt[3]{\frac{4\pi V}{9N}}\frac{k}{h}\theta \quad (5)$$

Мұндағы, V – зерттеліп отырған үлгінің көлемі, k – Больцман тұрақтысы, h – Планк тұрақтысы. Ортаның сипаттамалық температурасы серпімді толқынның орташа жылдамдығына пропорционал:

$$\theta = \frac{h}{k}\sqrt[3]{\frac{9N}{4\pi}}\frac{\bar{v}}{\sqrt[3]{V}} = \frac{\beta\cdot\bar{v}}{\sqrt[3]{V}} \quad (6)$$

Дебайдың моделі бойынша $\frac{\theta_D}{T} \gg 1$немесе $\theta_D \gg T$ болғанда тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылық төменде келтірілген формуламен есептеледі:

$$C_V = \frac{12}{5}\pi^4 R(\frac{T}{\theta})^3 = b(\frac{T}{\theta})^3 \quad (7)$$

$$b = 2{,}4\cdot 97{,}2\cdot 8{,}31 = 1938{,}75\frac{\text{Дж}}{\text{моль·К}} = \frac{1938{,}75}{0{,}018}\frac{\text{Дж}}{\text{кг·К}} = 107708\frac{\text{Дж}}{\text{кг·К}}$$

Қазіргі таңда қатты денелердің атомдарының бір бірімен әсерлерін, байланыс энергияларын, жылулық серпімділік қасиеттерін сипаттауда жуықтап алынған Дебайдың теориясының рөлі өте үлкен. Есептеулер жүргізгенде (1)- және (7)-формулаларды қолдандық. 1h поликристалл мұз модификациясының температурасы мен қысымы оның ішінде орналасқан мыс-константан терможұбының және қалайы мен галийдің электр кедергісін өлшеу арқылы іске асырылды. Зерттелетін үлгідегі ультрадыбыс толқындарының жылдамдықтары импульсті қондырғыда өлшенді [7,8].

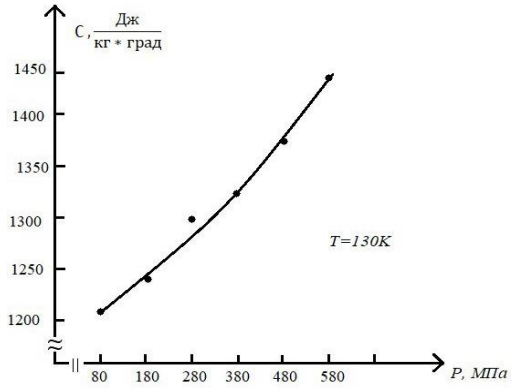
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 1-кестеде тәжірибе жүзінде және теориялық есептеулерден алынған 1h мұз модификациясындағы ультрадыбыс жылдамдығының, Дебай және келтірілген температураларының қысымға тәуелділігі көрсетілген.

Кесте 1

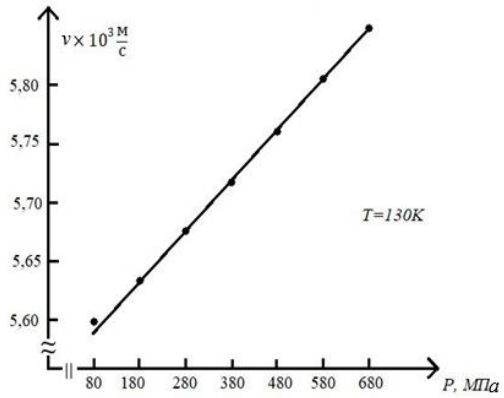
1h мұз модификациясының T=130K,T=170K температурасындағы$v = v(p)$, $\beta = \beta(p)$, $\theta_D = \theta_D(p)$, $\frac{T}{\theta_D} = \frac{T}{\theta_D}(p)$, $c = c(p)$ тәуелділіктері

Фаза	T,K	P,МПа	$\bar{v}\cdot 10^3\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$-\beta\cdot 10^{-3}\frac{1}{k}$	θ_D, K	$\frac{T}{\theta_D}$	C, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг·К}}$
1h	130	80	5,60	115	578,61	0,224	1213
		180	5,63	113	574,01	0,226	1228
		280	5,67	110	566,10	0,229	1301
		380	5,71	108	561,12	0,232	1360
		480	5,74	106	555,14	0,334	1382
		580	5,79	103	546,62	0,338	1438
		680	5,83	102	542,00	0,340	1480
	170	15	4,56	125	510,75	0,333	3921
		45	4,62	123	509,14	0,334	3960
		75	4,68	122	507,06	0,335	4020
		105	4,72	120	505,20	0,336	4080
		135	4,76	117	503,00	0,338	4121
		165	4,79	115	498,86	0,341	4210
		195	4,83	114	496,55	0,342	4280

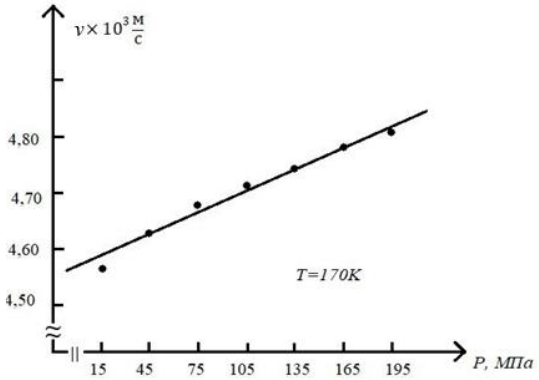
1-6 суреттерде 1h мұз модификациясындағы ультрадыбыс жылдамдығының және жылу сыйымдылығының, Дебай температурасының қысымға тәуелділік графиктері келтірілген.



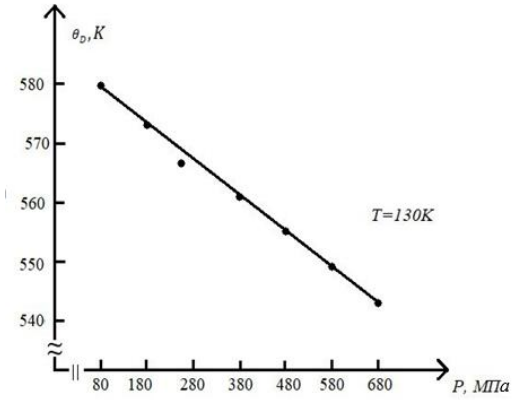
Сурет 1. T = 130 К температурада мұздық $c = c(p)$ тәуелділігі



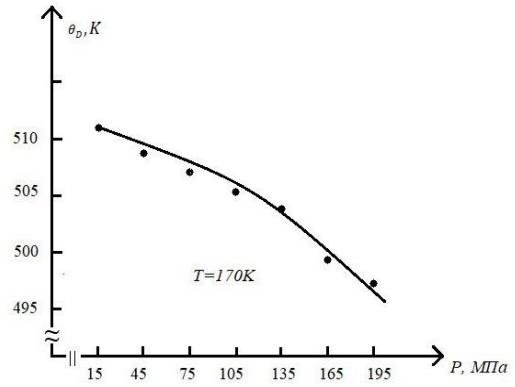
Сурет 2. 1h мұздың T = 130 К температурада $\bar{v} = \bar{v}(p)$ тәуелділігі



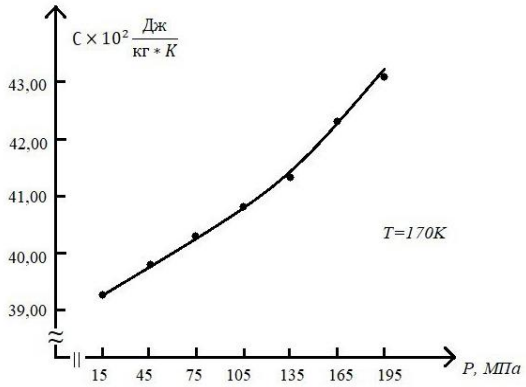
Сурет 3. 1h мұздың T = 170 К температурада $\bar{v} = \bar{v}(p)$тәуелділігі



Сурет 4. 1h мұздың T = 130 K температурада $\theta_D = \theta_D(p)$ тәуелділігі



Сурет 5. 1h мұздың T = 170 K температурада $\theta_D = \theta_D(p)$ тәуелділігі



Сурет 6. 1h мұздың T = 170 K температурада $c = c(p)$ тәуелділігі

Келтірілген кесте мен тұрғызылған графиктерден тұрақты 130 K және 170 K температураларда мұздың 1h модификациясындағы серпімді толқындардың орташа жылдамдығы мен меншікті жылу сыйымдылығы, келтірілген температурасы қысым артқанда өсетіндігін, ал көлемдік жылулық ұлғаю коэфиценті мен Дебайдың температурасының кемитіндігін көреміз. Көлемдік жылулық ұлғаю коэфициенті мен Дебай температурасының кемуі қарастырып отырған мұздың аномальді қасиетімен, яғни көлемдік жылулық

коэффициентін теріс мәндерді қабылдауымен түсіндіріледі $v = v(p)_T$, $\frac{T}{\theta_D} = \frac{T}{\theta_D}(p)_T$ $c = c\,(p)_T$ тәуелділіктері физиканың заңдылықтарына сәйкес келеді. Есептеулер барысында 1h мұз модификациясы Дебайдың модельін қанағаттандырады деп алдық.

Қорытынды. Алғаш рет мұздың P-T координатасындағы фазалық диаграммасында орналасқан 1h поликристалл мұз модификациясында тарайтын көлденең және қума толқындардың жылдамдықтары мен үлгінің салыстырмалы көлемдерінің өзгерістерін өлшеу арқылы ультрадыбыс толқынының орташа жылдамдығын, оның көлемдік жылулық ұлғаю коэфицентінің, Дебайдың және келтірілген температураның, меншікті жылу сыйымдылығының изотермиялық үдерістердегі қысымға тәуелділігін есептеп анықтадық.

Теориялық есептеулер барысында қатты денелердің физикалық қасиеттерін сипаттайтын қазіргі таңда ғылымда алатын орны ерекше Дебайдың жуықтап алынған моделі пайдаланылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Hobbs, P.V. Ice Physics. – Oxford: Clazendon Press, 1974. – 837 p.
2. Bizhigitov T., Sembayeva A. Study the Diagram of the Thermodinamic State of ice at Heigh-Pressure and low temperature in P-T coordinate // J. of Adv Research in dinamical Control. – 2019. – Vol. 11. – No.6. – P. 1-6.
3. Bizhigitov, T., Zhumadilov, E. Methods of mathematical physics: university book. – Almaty: Lantar books, 2023. – 370 p.
4. Бижігітов, Т. Статистикалық физика. Физикалық кинетика негіздері [Мәтін]: оқулық / Т. Бижігітов. – Алматы: Альманахъ, 2022. – 256 б.
5. Смирнова, Н.А. Методы статистической термодинамики и физической химии [Текст]: учебное пособие / Н.А. Смирнова. – Москва:Высшая школа, 1982. – 449 с.
6. Ормонт, Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников [Текст]: учебное пособие / Б.Ф. Ормонт. – Москва: Высшая школа, 1982. – 519 с.
7. Bizhigitov T., Zhumadilov E. Study dependence of yongs,shear modules and ultrasonic waves propagation of the ice VI modification to the pressure at a constant temperature // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University Physics Astronomy series. – 2020. – Vol. 133. – No.4. – P. 73-78.
8. Bizhigitov T., Yelibaeva A. The dependence of the comhessionmoduls of ice-six and the coefficient of Volume expansion on pressure and temperature // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and mathematical sciences. – 2020. –Vol. 70. – No.2. – P. 166-170.

Материал редакцияға 02.12.24 түсті, 14.03.25 қабылданды.

Т. Бижігітов[1], А.Н. Аманбаева[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ И ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ МОДИФИКАЦИИ ЛЬДА 1H ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. В статье впервые экспериментально измерена зависимость относительного объема модификации льда 1h от давления в диапазоне давлений 15-680 МПа при температурах 130 К, 170 К и распространяющихся в нем продольных и поперечных волн. Для изотермических процессов с использованием физических параметров, полученных из опыта, известных закономерностей и формул были рассчитаны зависимости коэффициента объемного расширения исследуемого образца, характеристической и приведенной температуры Дебая и удельной теплоемкости от давления. При проведении исследовательских работ были использованы фазовая диаграмма в P-T координатах льда, имеющая особое теоретическое и практическое значение. Определение зависимости коэффициента объемного теплового расширения от давления при различных температурах, определяющего механическую и энергетическую характеристику твердых тел, осуществлялось путем дифференцирования части полученной экспериментально кривой $V(P)_t$ до фазового перехода первого рода. При исследовании учитывались зависимости от давления деформации камеры и поршней высокого давления при всех температурах и давлениях. Тепловые объемные расширения камеры не учитывались.

Ключевые слова: упругие волны, коэффициент теплового объемного расширения, приведенная и характеристическая температура Дебая, высокое давление и низкая температура, теплоемкость.

T. Bizhigitov[1], A. Amanbayeva[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

STUDY OF ELASTIC AND THERMAL PROPERTIES OF 1H ICE MODIFICATIONS AT UPPER PRESSURE AND LOWER TEMPERATURES

Abstract. In this article, for the first time, the pressure dependence of the relative volume of ice 1h modification was experimentally measured within the pressure range of 15-680 MPa at constant temperatures of 130 K and 170 K, along with the propagation of longitudinal and transverse waves in the medium. For isothermal processes, based on experimentally obtained physical parameters, known physical laws, and formulas, the pressure dependencies of the volumetric expansion coefficient of the studied sample, the Debye characteristic and reduced temperatures, and the specific heat capacity were calculated. During the research, the phase diagram of ice in P-T coordinates, which holds significant theoretical and practical importance, was used. The determination of the pressure dependence of the volumetric thermal expansion coefficient at various temperatures – which defines the mechanical and energetic properties of solids – was carried out by differentiating the experimentally obtained portion of the $V(P)_t$ curve up to the first-order phase transition. The pressure-dependent deformation of the high-pressure chamber and pistons at all temperatures and pressures was taken into account during the analysis. The thermal volumetric increases of the camera parts were ignored due to their small size.

Keywords: elastic waves, volumetric thermal increase coefficient, characteristic temperature of the given and Debye, high pressure and low temperature, thermal capacities.

References

1. Hobbs, P.V. Ice Physics. – Oxford: Clazendon Press, 1974. – 837 p.
2. Bizhigitov T., Sembayeva A. Study the Diagram of the Thermodinamic State of ice at Heigh-Pressure and low temperature in P-T coordinate // J. of Adv Research in dinamical Control. – 2019. – Vol. 11. – No.6. – P. 1-6.
3. Bizhigitov, T., Zhumadilov, E. Methods of mathematical physics: university book. – Almaty: Lantar books, 2023. – 370 p.
4. Bizhigitov, T. Statistikalyk¸ fizika. Fizikalyk¸ kinematika negízderí [Statistical physics. Physics kinematics negizderi]: textbook. – Al'manakh', 2022. – 256 p. [in Kazakh].
5. Smirnova, N.A. Metody statisticheskoy termodinamiki i fizicheskoy khimii [Methods of statistical thermodynamics and physical chemistry]: textbook. – Moscow: Higher School, 1982. – 449 p. [in Russian].
6. Ormont, B.F. Vvedeniye v fizicheskuyu khimiyu i kristallokhimiyu poluprovodnikov [Introduction to physical chemistry and crystal chemistry of semiconductors]: textbook. – Moscow: Higher School, 1982. – 519 p. [in Russian].
7. Bizhigitov T., Zhumadilov E. Study dependence of yongs,shear modules and ultrasonic waves propagation of the ice VI modification to the pressure at a constant temperature // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University Physics Astronomy series. – 2020. – Vol. 133. – No.4. – P. 73-78.
8. Bizhigitov T., Yelibaeva A. The dependence of the comhessionmoduls of ice-six and the coefficient of Volume expansion on pressure and temperature // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and mathematical sciences. – 2020. –Vol. 70. – No.2. – P. 166-170.

ҒТАМР 30.03.17

Б. Сағындықов ©

Физ. мат. ғылым. канд., қауымдас. профессор
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-5349-1961*
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ., Қазақстан
@ *Bimurat55_@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/COXA7643

СЕРПІМДІ ТОЛҚЫННЫҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ НЬЮТОНДЫҚ ЕМЕС СҰЙЫҚТЫҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫНА ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ғылыми еңбекте биологиялық сұйықтарға жақын сұйықтардағы ультрадыбыс толқынының жылдамдығының температураға тәуелділігін зерттеу мақсатында резонанстық жиілігі 5 МГц пьезоэлементтен, генератордан, күшейткіштен, осцилографтан, қыздырғыштан, айнымалы ток көзінен, мыс-константан терможұбынан, температура реттегіштен тұратын импульсті ультрадыбысты автоматтандырылған қондырғы жинастырылды. Қоюлықтары әртүрлі ертінділердегі атмосфералық қысымдағы қума толқын жылдамдықтары мен тығыздықтарының температура тәуелділіктері өлшеніп, алғаш рет графиктері тұрғызылды. Тәжірибе жүзінде өлшеніп алынған физикалық параметрлердің көмегімен зерттеліп отырған сұйық үлгінің атмосфералық қысымдағы серпімділік қасиеттерінің температураға тәуелділігі физикадан белгілі заңдылықтар мен формулалардың көмегімен есептеп анықталды. Серпімді қума толқынды шығаратын көз және оны үлгінің жоғары бетінде орналасқан айнадан шағылып келгенде қабылдайтын қабылдағыш ретінде бір пьезоэлемент қолданылды. Ультрадыбыс толқынының үлгіні шағылғанға дейінгі және шағылғаннан кейінгі жүріп өткен жолына кеткен уақыты осцилографтың экранында пайда болған жіберілген және шағылған импульстерді беттестіру арқылы анықталды. Жинақталған қондырғының өлшеу дәлдігін бағалау мақсатында ультрадыбыс толқынының жылдамдығы жақсы зерттелген дистилденген су пайдаланылды. Жинастырған қондырғыда алынған нәтижелер анықтамалардағымен сәйкес келді.

Тірек сөздер: Ньютондық емес сұйықтық, пьезоэлектрлік эффект, ультрадыбыс, қума толқын, биологиялық сұйықтар, импульсті қондырғы.

Сағындықов, Б. Серпімді толқынның жылдамдығының ньютондық емес сұйықтың температурасына тәуелділігін зерттеу [Мәтін] / Б. Сағындықов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.485-493. https://doi.org/10.55956/COXA7643

Кіріспе. Ғылыми еңбек мектеп физика және химия курстарында қарастырылатын ерекше қасиеттерімен сипатталатын Ньютондық емес сұйықтардың физикалық қасиеттерін, яғни ондағы қума толқын жылдамдғының, адиабаталық сығылғыштық қасиеттерінің температураға тәуелдігі алғаш рет зерттеліп отыр. Үлкен қысымдарда серпімді қатты денеге, ал шамалы қысымдарда өте жұмсақ,иілгіштік және сығылғыштық қасиеттері

жоғары күйлерге өтетін заттар Ньютондық емес сұйықтарға жатады. Ньютондық емес сұйықтар биофизика, биохимия, биогидродинамика ғылымдарының дамуына үлкен ықпалын тигізді. Егер қозғалыстағы сұйықтың тұтқырлығы тек табиғатына және температурасы мен жылдамдығының градиентіне тәуелді болмаса, оны Ньютон сұйықтығы деп атайды. Реал сұйықтар Ньютондық және Ньютондық емес сұйықтықтарға бөлінеді. Ньютондық сұйықтықтарда сұйықтың бір қабатының екінші қабатымен салыстырғандағы қозғалысында туындайтын жанама кернеудің шамасы ығысу жылдамдығына пропорционал. Салыстырмалы тыныштықта кернеу нөлге тең. Оған су,май,бензин, керосин, глицерин т.б. сұйықтар жатады. Ал Ньютондық емес сұйықтың қабаттарының қозғалыстары баяу және оның Ньютондық сұйықтан айырмашылығы тыныштық күйінде жанама кернеу, яғни ішкі үйкеліс күші пайда болады. Мысалы, тұтқырлығы жылдамдықтың градиентіне тәуелді сұйықтықтарды Ньютондық емес сұйықтық деп атайды. Ньютондық емес сұйықтар, кәдімгі сұйықтарды сипаттайтын заңдылықтарға бағынбайды. Ньютондық емес сұйықтықтың жоғарыда айтылған физико-химиялық қасиеттері көптеген тұрмыстық және техниканың өзекті мәселелерін шешуге ықпалын тигізеді. Ньютондық емес сұйықтан алынған материал жұмсақ, әрі беріктігі жоғары болғандықтан, шыны ыдыстарды тасымалдайтын контейнерлер,дулыға,тізе жастықшасын жасауға және қозғалтқыштардың айналымын арттырғанда үйкеліс күшін бірнеше есе кеміту үшін, көлік жолдарының мәселелерін шешу мақсатында қолданылады. Сондықтан Ньютондық емес сұйықтықтың физико-химиялық,термодинамикалық,механикалық қасиеттерін зерттеу қазіргі таңда ғылымның өзекті мәселелеріне жатады .

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеліп отырған силикон майындағыультрадыбыс толқынының жылдамдығын анықтау үшін импульсті [1,2] әдісті қолдандық. Импульстік әдіс үлгідегі серпінді қума толқынның жүріп өткен уақытын және амплитуданың кемуі бойынша өшу коэффициентін анықтауға негізделген. Ультрадыбыстың силикон майындағы жылдамдығын анықтау үшін толқынның үлгіні жүріп өткен уақытын өлшейміз. Генератордан [3,4] шыққан электр импульсі толқынның көзі және қабылдағыштың рөлін атқаратын цилиндр пішінді силикон майының төменгі табанына жапыстырылған резонанстық жалпы 5МГц кварцтан жасалған пьезоэлементте тербелісті қоздырады. Үлгіде тараған серпімді қума толқын оның жоғары табанына орналастырылған айнадан шағылып қабылдағышқа келеді. Пьезоэлемент оны қайтадан электр импульстеріне түрлендіріп күшейткішке береді. Осцилографтың экранындағы оның қалақшаларында ауытқып күшейтілген импульстерді пайдаланып толқынның кешігіп келу уақытын (t_k) өлшеп, жылдамдығын төменде келтірілген формуламен есептедік [5]:

$$v = \frac{2S}{t_k} \tag{1}$$

Егер толқындық қоздырылу үзіліссіз көп уақытқа ұласса,оны үздіксіз толқын деп атайды. Мұндай толқындар синустық немесе косинустық функциялармен сипатталады. Ультрадыбыс жылдамдығының шамасы зерттелетін үлгінің молекулалық құрылымын, молекулааралық әсерлесу күштерімен молекулалардың орналасу тығыздығына тәуелді. Ультарадыбыстық толқын силиконмайында тарағанда F күшінің әсерінен

бөлшектер ығысып бетінде қысым Δр, тығыздығы *Δρ* артады. Қарастырып отырған көлемнің сығылатын элементі қоздырылып оған жанасып жатқан элементті сығады. Осы үдеріс әрі қарай жалғасады. Толқын ортада көлденең қимасының ауданы S бетке перпендикуляр бағытталып, Δl қашықтыққа *Δt* уақытта төмендегі жылдамдықпен тарайды:

$$v_k = \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad (2)$$

Онда сығылған Δmмассаны мына формуламен анықтаймыз [6]:

$$\Delta m = v_k \cdot \Delta t \cdot S \Delta \rho \quad (3)$$

Ал осы массаға әсер ететін күш мынаған тең:

$$F = \Delta \mathrm{p} \cdot S \quad (4)$$

Импульстің өзгеру заңын жазайық:

$$F \Delta t = v_k \Delta m \quad (5)$$

Осы теңдікке (3)- пен (4)-формулаларды қойсақ, төмендегідей түрленеді:

$$S \Delta t \Delta \mathrm{p} = S \Delta t v_k^2 \Delta \rho \quad (6)$$

Бұдан толқынның таралу жылдамдығын аламыз:

$$v_k = \left(\frac{\Delta \mathrm{p}}{\Delta \rho}\right)^{1/2} \quad (7)$$

Гук заңы бойынша майларды серпімді деформациялағанда кернеулік салыстырмалы деформацияға пропорционал [7]:

$$\sigma = k \frac{\Delta V}{V} \quad (8)$$

Мұндағы, k көлемдік серпімділік модулі. Немесе (7)- және (8)-формулалардан мына өрнек шығады:

$$v_k = \left(\frac{k}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{b \cdot \rho}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Мұндағы, $b = \frac{1}{k}$сығылу коэффициенті. Бірдей шарттарда ультрадыбыс толқындарының таралу жылдамдығы тек ортаның физикалық қасиеттеріне,яғни тығыздығына,серпімділікке тәуелді екендігін (9)-формуладан көреміз.

Біз тәжірибе жүзінде крахмал мен судың қоспасын қарастырғандықтан, ультрадыбыс жылдамдығының сұйықтың концентрациясын анықтау үшін тығыздықтың концентрацияға тәуелдігін білуіміз керек. Заттың молярлық концентрациясы мольдік зат мөлшерін қоспаның көлеміне бөлгенге тең [8]:

$$N_\mu = \frac{v}{V} = \frac{m}{\mu \cdot V} \quad (10)$$

Немесе

$$m = \rho \cdot V$$

ескерсек, төмендегі қатынасты аламыз:

$$N_\mu = \frac{\rho}{M}$$

Бұдан:

$$v = \frac{1}{N_\mu \cdot M \cdot b} \quad (11)$$

Біз аналитикалық тұрғыдан ультрадыбыс жылдамдығы мен молярлы концентарцияны байланыстыратын формула таптық. Молярлық концентрацияны тәжірибе жүзінде өлшей алмайтындықтан, ультрадыбыс жылдамдығының пайыздық концентрацияға γ тәуелділігін зерттейміз. Заттың массалық үлгісінің (концентрацияның пайыздық) мөлшерін төмендегі қатынаспен есептейміз:

$$\gamma = \frac{m(\text{ерітілген зат})}{m(\text{қоспа})} \cdot 100\% \quad (12)$$

Заттан өтетін ультрадыбыс толқынның жылдамдығының концентрацияның пайыздық мөлшеріне тәуелділігін тәжірибе жүзінде анықтаймыз. Қоспа концентрацияның пайыздық шамасын есептеу үшін ерітілген заттың массасын тауып,қоспаның массасын анықтаймыз. Көлемі белгілі кюветтегі судың массасын табамыз. Бөлме температурасында (300 K) дистиляцияланған судың тығыздығы 997,045 $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ кюветтің көлемі 0,95 м^3. Олай болса судың кюветтегі массасы: m = pV = 997,045*0,95 кг = 947,20 г.

Енді крахмалдың $(C_6H_{10}O_5)_n$белгілі массасындағы қоспаның пайыздың массалық үлесін табамыз. Ол үшін су мен ертілген заттан тұратын қоспаның массасын есептейміз:

$$m(C_6H_{10}O_5)_n = m(\text{ерітілген зат}) + m(\text{су})$$

Мысалы, 10 г крахмалды суға қоссақ,жалпы масса мынаған тең болады:

m(қоспа)=957,20 г (13)

Немесе (12)-өрнектен төмендегі формула шығады:

$$\gamma(C_6H_{10}O_5)_n \approx 1{,}044\%$$

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 1-кестеде есептеулерден алынған $(C_6H_{10}O_5)_n$ крахмалдың массасыныңконцентрацияның пайыздық мөлшеріне тәуелділігі көрсетілген. 2-кестеде кешігу уақытын өлшеп ультрадыбыстың есептелген жылдамдығының концентрацияға тәуелділігі

келтірілген. 3-кестеде силикон майындағы ультрадыбыс толқынының жылдамдығы мен адиабаталық сығылғыштың коэффициентіне температураның әсері туралы мәлімет берілген.

Кесте 1

Есептеулерден алынған $(C_6H_{10}O_5)_n$ крахмалдың массасының концентрациясының пайыздық мөлшеріне тәуелділігі

$m \cdot 10^{-3}$кг	γ%	$m \cdot 10^{-3}$кг	γ%	$m \cdot 10^{-3}$кг	γ%
10	1,044	55	5,014	85	8,234
15	1,558	60	4,487	90	8,677
20	2,067	65	5,957	95	9,115
25	2,571	70	6,421	100	9,155
30	3,070	75	6,881	105	9,980
35	3,563	80	7,337	110	10,406
40	4,051	85	7,788	115	10,820
45	4,535	90		120	11,248

Кесте 2

Ультрадыбыстың есептелген жылдамдығының концентрацияға тәуелділігі

$t \cdot 10^{-3}C$	$v \cdot 10^3 \frac{м}{c}$	$t \cdot 10^{-3}C$	$v \cdot 10^3 \frac{м}{c}$	$t \cdot 10^{-3}C$	$v \cdot 10^3 \frac{м}{c}$
2,66	1,50	2,46	2,24	2,30	1,73
2,66	1,50	2,46	2,24	2,30	1,73
2,62	1,52	2,44	2,24	2,28	1,75
2,60	1,53	2,40	2,24	2,28	1,75
2,58	1,55	2,38	2,38	2,26	1,76
2,56	1,56	2,36	2,36	2,26	1,76
2,54	1,57	2,34	2,34	2,26	1,76
2,50	1,60	2,32	2,32	2,24	1,78

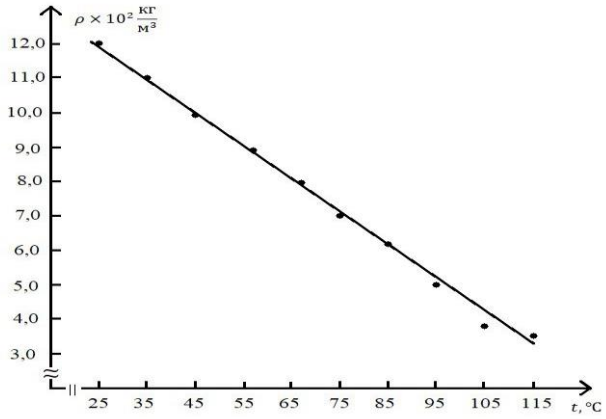
Кестелерден концентрация артқан сайын үлгідегі ультрадыбыстың жылдамдығының артатындығы байқалады.

Кесте 3

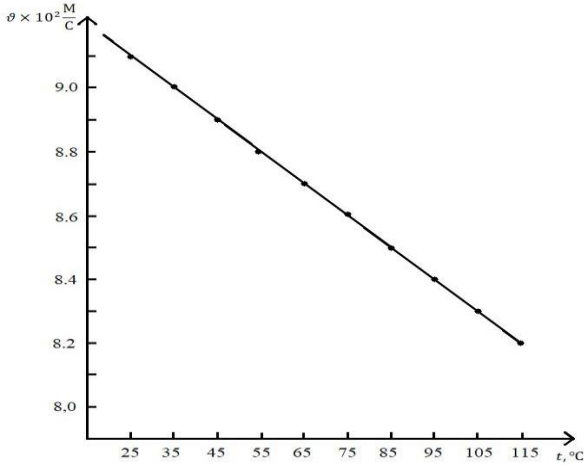
Селикон майының тығыздығының, онда тарайтын қума толқын жылдамдығының, адиабаталық сығылғыштық коэффициентінің температураға тәуелділігі

t^0C	$\rho \cdot 10^4 \frac{кг}{м^3}$	$v \cdot 10^3 \frac{м}{c}$	$\beta_s \cdot 10^{-10} \frac{м^2}{Н}$
25	0,120	0,920	9,90
35	0,110	0,909	11,11
45	0,099	0.898	12,65
55	0,089	0,888	14,28
65	0,078	0,876	16,94
75	0,067	0,865	20,00
85	0,056	0,853	29,10
95	0,050	0,842	35,44
105	0,039	0,830	38,46
115	0,037	0,819	44,66

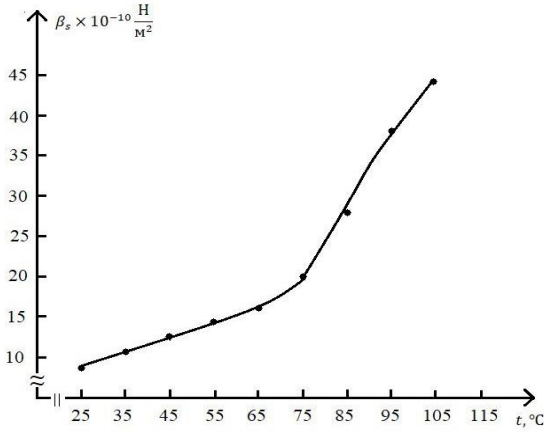
1-3-суреттерде селикон майының тығыздының, онда тарайтын ультрадыбыс толқынының жылдамдығының адиабаталық сығылғыштық коэффициентінің температураға тәуелділік графиктері тұрғызылған.



Сурет 1. Силикон майының тығыздығының температураға тәуелділігі



Сурет 2. Силикон майындағы ультрадыбыс жылдамдығының температураға тәуелділігі



Сурет 3. Силикондық майдың адиабаталық сығылғыштық коэффициенттерінің температураға тәуелділігі

Тәжірибе жүзінде суда еритін заттың концентрациясын арттырғанда ультрадыбыс толқындарының жылдамдығы артатындығы (1-кесте) анықталды.

Әртүрлі ертінділерді ультрадыбыс толқындары арқылы зерттеп, қоспа заттарының компоненталарының әсерлесулерінің табиғаты туралы мағлұматтар алдық. Эксперименттен алынған нәтижелер бойынша серпімді толқынның жылдамдығы ортаның тығыздығына,серпімділігіне,яғни физикалық қасиеттеріне тәуелді деп қортынды жасаймыз. Заттың судағы концентрациясы артқанда серпімді толқынның жылдамдығы артады. Өйткені концентрацияның иондары артқанда еріткіштің сығылғыштығы өзгереді.

Қорытынды. Тәжірибе жүзінде Ньютондық емес сұйықта (крахмалдың судағы ертіндісінде) концентрация артқанда ультрадыбыстың жылдамдығының өсетіндігі дәлелденді.

Алғаш рет силикон майындағы атмосфералық қысымда серпімді толқынның жылдамдығы мен адиабаталық сығылғыштың коэффициентіне 35-115°С аралығында температураның әсері анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Bizhigitov T., Zhumadilov E. Study dependence of yongs,shear modules and ultrasonic waves propagation of the ice VI modification to the pressure at a constant temperature // BULLITIN of L.N. Gumilyov Eurasian National University Physics Astronomy series. – 2020. – Vol. 133. – No.4. – P. 73-78.
2. Bizhigitov T., Yerlibayeva A.The dependence of the compzession modulus of ice-six and the coefficient of volume expansion on pzessuze and temperatuze // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and mathematical sciences. – 2020. –Vol. 70. – No.2. – P. 166-170.
3. Бижигитов, Т. Методы исследования температурных зависимости адиабатических коэффициентов сжатия жидкого топлива наука [Текст] / Т. Бижигитов, А. Сембиева, А. Таттибаева //Международный научный журнал. – 2021. – №5(93). – С. 17-19.
4. Бижигитов, Т. Исследование модулей упругости проводников с использованием упругих волн [Текст] / Т. Бижигитов, А. Сембиева, Ж. Досабаева // Международный научный журанал Наука и мир. – 2023. – №5(117). – С.44-51.
5. Бижигитов, Т. Жалпы физика курсы 1 том [Мәтін]: оқулық / Т.Бижигитов. – Алматы:«Ланбарbooks», 2024. – 498 б.
6. Кухлинг, Х. Справочник по физике [Текст] / Х. Кухлинг. – Москва:«Мир», 1982. – 520 с.
7. Савельев, И.В. Курс общей физики. Том 1 Механика. Молекулярная физика [Текст] / И.В Савелнев. – Москва:«Наука», 1977. – 415 с.
8. Бижигитов, Т. Статистикалық физика. Физикалық кинематика негіздері [Мәтін]: оқулық / Т. Бижигитов. – Альманахь, 2022. – 256 б.

Материал редакцияға 02.12.24 түсті, 12.03.25 қабылданды.

Б. Сағындықов

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ УПРУГОЙ ВОЛНЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация. В научной работе с целью изучения температурной зависимости скорости ультразвуковой волны в жидкостях, близких к биологическим, была собрана импульсная ультразвуковая автоматизированная установка, состоящая из пьезоэлемента резонансной частотой 5МГц, генератора, усилителя, осцилографа, нагревателя, источника переменного тока, медно-константановой термопары, терморегулятора. Измерены температурные зависимости скоростей и плотностей продольных волн при атмосферном давлении в растворах различной плотности и впервые построены графики. С помощью экспериментально измеренных физических параметров вычислена температурная зависимость упругих свойств исследуемого жидкого образца при атмосферном давлении с помощью известных из физики закономерностей и формул. В качестве источника, излучающего упругую волну, и приемника, принимающего ее при отражении от зеркала, расположенного на верхней поверхности образца, использовался один пьезоэлемент. Время, затрачиваемое ультразвуковой волной на пройденный путь до и после отражения образца определялось путем совмещения пропущенных и отраженных импульсов, генерируемых на экране осцилографа. В целях оценки точности измерений собранной установки использовалась хорошо изученная дистиллированная вода с известной скоростью волны ультразвука. Результаты, полученные в собранной установке, совпали с данными справочника.

Ключевые слова: неньютоновая жидкость, пьезоэлектрический эффект, ультразвук, продольная волна, биологические жидкости, импульсная установка.

B. Sagindikov

[1]K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE ELASTIC WAVE VELOCITY ON THE TEMPERATURE OF A NON-NEWTONIAN LIQUID

Abstract. In this study, an automated pulsed ultrasonic system was assembled to investigate the temperature dependence of the velocity of ultrasonic waves in liquids with properties close to those of biological fluids. The system includes a piezoelectric transducer with a resonant frequency of 5 MHz, a signal generator, an amplifier, an oscilloscope, a heater, an AC power source, a copper-constantan thermocouple, and a temperature controller. Temperature dependencies of the velocity and density of longitudinal waves at atmospheric pressure were measured in solutions of varying density, and the corresponding graphs were constructed for the first time. Using the experimentally obtained physical parameters, the temperature dependence of the elastic properties of the studied liquid sample under atmospheric pressure was calculated based on known physical laws and formulas. A single piezoelectric transducer was used both as the source of the elastic wave and as the receiver of the wave reflected from a mirror placed on the upper surface of the sample. The time taken by the ultrasonic wave to travel to and from the reflecting surface was determined by aligning the transmitted and reflected pulses displayed on the oscilloscope screen. To evaluate the accuracy of the measurements, distilled water – a well-studied liquid with a known ultrasonic wave speed

– was used. The results obtained from the assembled system matched the reference data, confirming the system's accuracy and reliability.

Keywords: Non-Newtonian liquid, piezoelectric effect, ultrasound, linear wave, biological fluids, pulse installation.

References

1. Bizhigitov T., Zhumadilov E. Study dependence of yongs,shear modules and ultrasonic waves propagation of the ice VI modification to the pressure at a constant temperature // BULLITÍN of L.N. Gumilyov Eurasian National University Physics Astronomy series. – 2020. – Vol. 133. – No.4. – P. 73-78.
2. Bizhigitov T., Yerlibayeva A.The dependence of the compzession modulus of ice-six and the coefficient of volume expansion on pzessuze and temperatuze // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and mathematical sciences. – 2020. –Vol. 70. – No.2. – P. 166-170.
3. Bizhigitov T., Sembiyeva A., Tattibayeva A. Metody issledovaniya temperaturnykh zavisimosti adiabaticheskikh koeffitsiyentov szhatiya zhidkogo topliva nauka [Methods for studying the temperature dependence of the adiabatic compression coefficients of liquid fuel science] // International scientific journal. – 2021. – No. 5(93). – P. 17-19. [in Russian].
4. Bizhigitov T., Sembiyeva A., Dosabayeva ZH. Issledovaniye moduley uprugosti provodnikov s ispol'zovaniyem uprugikh voln [Study of elastic moduli of conductors using elastic waves] // International scientific journal Science and Peace. – 2023. – No. 5(117). – P. 44-51. [in Russian].
5. Bizhigitov, T. Zhalpy fizika kursy 1 tom [Courses in physics, Vol. 1]: textbook. – Almaty: Lanbarbooks, 2024. – 498 p. [in Kazakh].
6. Kukhling, KH. Spravochnik po fizike [Handbook of Physics]. – Moscow: Mir, 1982. – 520 p. [in Russian].
7. Savel'yev, I.V. Kurs obshchey fiziki. Tom 1 Mekhanika. Molekulyarnaya fizika [General physics course. Vol. 1. Mechanics. Molecular physics]. – Moscow: Science, 1977. – 415 p. [in Russian].
8. Bizhigitov, T. Statistikalyk¸ fizika. Fizikalyk¸ kinematika negízderí [Statistical physics. Physics kinematics negizderi]: textbook. – Al'manakh', 2022. – 256 p. [in Kazakh].

МРНТИ 44.29.29

Н.Ш. Абдлахатова[1] – *основной автор*,
Т.С. Жүсіп[2], **А.Ә. Әрпіш**[3]

[1]*Ст. преподаватель*, [2]*Канд. техн. наук, доцент*, [3]*Преподаватель*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-1285-2684* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8131-2994* [3]*https://orcid.org/0009-0009-3368-6081*

[1,2,3]*Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации, г. Тара, Казахстан*

@ [1]*abdlakhatova@list.ru*

©

https://doi.org/10.55956/NATF9916

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ЛАМПОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИИ

Аннотация. В статье представлены высокочастотные ламповые автогенераторы, которые способны обеспечить энергией различные технологические нагрузки. Представлены область использования, способ управления, а также система автоматизированного исследования схем ламповых генераторов. Были рассмотрены режимы работы ламповых генераторов для создания надежных источников с высокими энергетическими показателями. Генераторная лампа представляется эквивалентной схемой, состоящей из двух зависимых источников тока, один из которых определяется по анодным, другой по сеточным характеристикам. Автоматизация исследований обеспечивается элементами блока управления моделью, которые позволяют определять момент коммутации ключевых элементов, измерять напряжения и токи различных участков цепи, моделировать кусочно-линейные характеристики нелинейных резисторов, индуктивностей, емкостей. Анализ режимов работы различных генераторных ламп, применяемых в промышленности, показал, что их нагрузочные характеристики качественно сохраняют свой вид в диапазоне мощностей 4-500 кВт. Управление, ЛГ осуществляется при регулировании выпрямителям, однако перспективным направлением является управление по сетке, которое, кроме того, дает возможность осуществлять импульсный нагрев и обработку деталей по оптимальным алгоритмам.

Ключевые слова: ламповый генератор, инвертор, выпрямитель, напряжение, алгоритм управления.

Абдлахатова, Н.Ш. Методы анализа и управления ламповых генераторов для электротермии [Текст] / Н.Ш. Абдлахатова, Т.С. Жүсіп, А.Ә. Әрпіш //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.494-502. https://doi.org/10.55956/NATF9916

Введение. При питании электротермических установок на частотах 60 кГц и выше широкое распространение получили высокочастотные ламповые автогенераторы (ЛГ). На данных частотах только ламповые генераторы способны обеспечить энергией различные технологические нагрузки при мощности в десятки и сотни киловатт.

Область использования ЛГ в электротермии значительна. Они применяются при питании установок диэлектрического нагрева, плавке

оксидов в холодных тиглях, производстве труб из ленты, получении высокочастотной плазмы путем индуцированного разряда, питани газовых лазеров, литье микропровода, закалке и упрочнении поверхности деталей и т.д.

Разнообразный характер нагрузки, широкий диапазон изменения ее параметров, значительный уровень мощности заставляют исследовать режимы работы ЛГ для создания надежных источников с высокими энергетическими показателями.

Применение линейной теории ЛГ дает возможность анализировать процессы в таких схемах, работающих на неизменную нагрузку при постоянной частоте, в электротермии, для которой характерно изменение параметров технологического звена, возможны такие режимы ЛГ, когда определяющую роль играет нелинейность характеристик лампы. Учет нелинейности возможен только при цифровом моделировании электромагнитных процессов во всей схеме ЛГ.

Условия и методы исследования. Для получения полной картины процессов была разработана система автоматизированного исследования схем ламповых генераторов, главные принципы построения которой изложены в [1]. Основные идеи, заложенные в систему, сводятся к следующим.

Система дифференциальных и алгебрических уравнений, описывающих схему, формируется в базисе переменных состояния. Затем она кодируется, что позволяет в дальнейшем осуществлять работу только с ненулевыми элементами. Используемые методы интегрирования – явные, неявные, системные Возможно их комбинированное применение с использованием алгоритмов, адаптирующихся к линейному или нелинейному режиму работы. например, как это предложено в [2] (под линейным режимом понимается такой, когда лампа заперта и по аноду и по сетке, под нелинейным – режим, когда лампа находится во включенном состоянии). В связи с тем, что система уравнений формируется один раз, значительно увеличивается эффективность применения системных методов на линейных участках режима работы ЛГ. Модель, представленная в таком виде, дает возможность получать переходные характеристики схемы, например, при импульсном режиме работы ЛГ, а также рассчитывать стационарные периодические режимы, как результат переходного процесса. Длительность переходного процесса может достигать сотен периодов ввиду наличия элементов колебательного контура и блокировочных элементов, значения которых отличаются на порядок и более. Элементный состав системы состоит из источников тока, напряжения, емкостей, индуктивностей, взаимоиндуктивностей, резисторов, а также ключевых элементов, которые служат для моделирования различных переключений в схеме. Генераторная лампа представляется эквивалентной схемой, состоящей из двух зависимых источников тока, один из которых определяется по анодным, другой по сеточным характеристикам. Если же ЛГ работает на высоких частотах и параметры межэлектродных емкостей сопоставимы с параметрами линейной части схемы, необходимо в эквивалентную схему вводить емкости анод – катод, анод – сетка, сетка – катод. Характеристики ламп, применяемых в серийно выпускаемых установках, предварительно введены в систему и вызываются автоматически. Автоматизация исследований обеспечивается элементами блока управления моделью, которые позволяют определять момент коммутации ключевых элементов, измерять напряжения и токи

различных участков цепи, моделировать кусочно-линейные характеристики нелинейных резисторов, индуктивностей, емкостей. Набор элементов блока управления, входящих в систему, дан в [3].

Данный инструмент исследований позволяет получить поля характеристик ЛГ при изменении нагрузки, анодного питания Еа, коэффициента обратной связи β и иметь полное представление о поведении генератора в реальном диапазоне изменения указанных параметров. При этом наличие двух варьируемых параметров β и Еа, каждый из которых имеет по три фиксированных значения, требует расчета 54-72 режимов, если параметры нагрузки изменяются в 6-8 точках. Увеличение количества изменяемых значений β и Еа до пяти требует расчета уже 150-200 режимов. Однако в этом случае объем получаемой информации является столь значительным, что иметь точное представление об энергетике схемы без применения ЭВМ можно лишь с малой степенью достоверности, из-за трудностей сравнения большого количества таблиц.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам исследований для определения режима работы ЛГ при широком диапазоне изменения параметров нагрузки необходимо иметь устройство, которое по заранее введенным в него таблицам (полям) характеристик, полученным на математической модели, могло бы с помощью минимального количества измерений на реально работающем ЛГ выдавать требуемую информацию [4]. Характерно, что в этом случае можно получать не только те значения токов и напряжений, которые легко доступны для измерения, но и значения мощностей рассеяния на аноде и на сетке, выходной мощности генератора, а также его к.п.д.

Появление микропроцессорной техники позволяет определять режим работы ЛГ, а также создать автоматизированный регулятор режима. Введение в микропроцессор полей характеристик и алгоритмов интерполяции дает возможность получать информацию о работоспособности ЛГ не только в заранее рассчитанном диапазоне изменения его параметров (наиболее энергетически выгодном), но и за его пределами. Данный подход позволяет определить круг требований по переводу ЛГ в режим с максимальным к.п.д., что может быть реализовано непосредственно на рабочем месте и позволяет иметь «помощника» при первоначальной настройке генератора на выпускающем предприятии. В последнем варианте наличие полей характеристик серийных установок значительно повышает эффективность работы предлагаемого диагностического комплекса.

В качестве датчиков целесообразно применять датчики напряжения, которые наиболее надежны на этих частотах даже при высоком уровне анодного питания. Заданные значения следует измерять на аноде и сетке лампы, так как именно эти два параметра полностью определяют режим работы лампы, на входе ЛГ (постоянное входное напряжение регулируемый параметр) и на нагрузочном контуре [5]. При однотактной, одноконтурной схеме эти четыре параметра дают возможность иметь полную информацию о работе установки. Усложнение схемы генератора – выполнение его по двухконтурной схеме – приводит к необходимости установки дополнительных датчиков в целях представления всей картины его работы. Однако определить наиболее энергетически выгодный режим ЛГ можно только по значениям анодного и сеточного напряжений.

В общем случае данные идеи могут быть заложены в автоматизированные ЛГ. При этом можно выделить три уровня автоматизации.

1. Создание диагностических стендов для настройки ЛГ, основными функциями которых является представление оператору, обслуживающему ЛГ, информации в удобном для настройки генератора виде. Подробно вопросы создания стенда такого вида описаны в автоматизированные ЛГ. При этом можно выделить три уровня автоматизаций.

2. Создание автоматических регуляторов для начальной настройки ЛГ. Необходимость в такой настройке возникает при смене индукторов и нагреваемых деталей. Внедрение таких регуляторов позволит значительно улучшить энергетические показатели режимов работы промышленных ЛГ. Функциональная схема регулятора для настройки ЛГ приведена на рисунке 1. Основным элементом регулятора такого вида является блок оптимизации режима, позволяющий в зависимости от требований технологии реализовывать функцию вида [6].

$$Ƒ = max\ η\ (E, \beta, R_0.э) \quad (1)$$

При ограничениях

$P = P$зад,
$Pa < Pa.$доп,
Pд $<$ Pд.доп,
Uд $<$ Uд.доп

или

$$Ƒ = max\ P\ \ (E, \beta, R_0.э) \quad (2)$$

При ограничениях

η $\geq$ ηзад,
$Pa < Pa.$доп,
Pд $<$ Pд.доп,
Uд $<$ Uд.доп.

Входными параметрами блока оптимизации являются нормализованные сигналы, снимаемые С ЛГ, Еа, Ua, Uд Uн. Выходные сигналы – угол регулирования да, приращение коэффициента обратной связи Δβ и приращение ΔР. Воздействуя на выпрямитель (В), регулятор обратной связи (РОС), регулятор мощности (РМ), можно вывести ЛГ в режим в соответствии с выражениями (1) или (2). Применение регулятора такого вида может быть рекомендовано для начальной настройки режима кратковременных технологических процессов, таких как закалка машиностроительных деталей, наплавка, импульсный нагрев.

3. Автоматизированный регулятор третьего уровня позволяет получать энергетически выгодный режим работы ЛГ на протяжении всего технологического процесса. Функциональная схема регулятора представлена на рисунке 2. Задача стабилизации температуры или напряжения на нагрузке

Uн может быть решена обычным аналоговым регулятором, воздействующим на угол отпирания тиристоров выпрямителя. Основной задачей блока оптимизации режима является автоматическое поддержание максимального электронного к. п. д. генератора в соответствии С (1). Входными сигналами блока оптимизации, как и в предыдущем случае, являются напряжение выпрямителя, напряжения на сетке и аноде лампы. Выходные параметры – $\Delta\beta$ и ΔР, воздействующие на РОС и РМ. Учитывая, что регулирование режима ЛГ связано с перемещением короткозамкнутых катушек в регуляторах с помощью сервомеханизмов, постоянные времени этого канала регулирования оказываются на несколько порядков больше постоянных времени каналов оптимизации, поэтому взаимное влияние регуляторов несущественно. Регулятор такого типа может быть рекомендован к использованию в длительных технологических процессах, таких как плавка материалов.

Точность регулирования ЛГ зависит от количества введенных в процессор таблиц при различных изменяемых параметрах, число которых, как указывалось, может достигать 25 и более, причем в каждой таблице имеется по 48-64 значения. Так как объем памяти процессора не велик, то число вводимых таблиц ограничено. На примере генератора ВЧГЗ-4/1 , 76 были проанализированы таблицы стационарных режимов. Оказалось, что при неизменном значении β и изменении напряжения Еа л 6 до 4 кВ с шагом 0,5 кВ можно построить таблицу пересчета характеристик ЛГ [7]. Эго позволяет существенно уменьшить информацию, закладываемую в ЭВМ. Таким образом, имея таблицу характеристик ЛГ для одного значения β и Еа при различной нагрузке и таблицу пересчета с N поправочными коэффициентами, можно вместо 25 вводить в ЭВМ пять таблиц характеристик, одну таблицу пересчета и поправочные коэффициенты, что значительно снижает требуемый объем памяти, а также повышает эффективность вычислений.

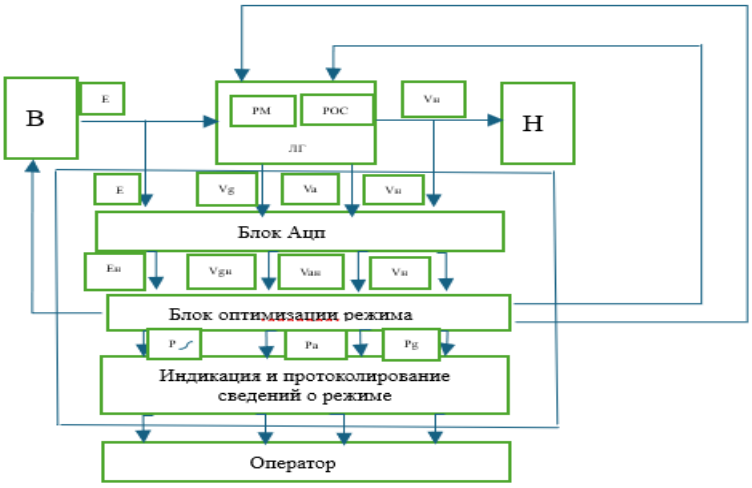


Рис. 1. Функциональная схема регулятора для настройки ЛГ

Анализ режимов работы различных генераторных ламп, применяемых в промышленности, показал, что их нагрузочные характеристики качественно сохраняют свой вид в диапазоне мощностей 4-500 кВт. Использование в схемах автогенераторов элементов, приводящих к искажению формы

напряжения на электродах лампы, например, индуктивностей в анодных цепях, может приводить к излому в характеристиках. Поэтому предлагаемый подход может быть распространен на другие схемы ЛГ. Следует учесть, что он справедлив только в реальном диапазоне изменения параметров нагрузки и генератора. Изучение особенных режимов схем ЛГ с учетом данного подхода вряд ли возможно.

Управление ЛГ в основном осуществляется при регулировании постоянного напряжения Еа, т.е. по сути дела воздействием на выпрямитель или тиристоры на первичной стороне анодного трансформатора. Данный вид регулирования, как известно, имеет негативную сторону. В этом случае искажается напряжение питающей сети, что особенно сильно проявляется при питании ЛГ большой мощности. Кроме того, значительный разброс частот ЛГ и питающей сети ухудшает качество регулирования, а также снижает быстродействие системы регулирования. Применение звена высокой частоты (использование системы выпрямитель – инвертор – выпрямитель), на которое переносится все регулированные, позволяет улучшить и его качество и быстродействие также сделать минимальным влияние всей установки на сеть.

Рис. 2. Функциональная схема регулятора автоматического типа

Третий способ управления ЛГ – управление по накалу [6]. Хотя разработчики генераторных ламп и не рекомендуют данный способ управления, его применение лозволило получить высокое качество продукции при литье микропровода, Отсутствие заводских характеристик лампы при изменении накала, аналогичных анодным и сеточным характеристикам, делает невозможным исследование данного способа управления на математической модели и затрудняет его сравнение с остальними .

Управление по сетке ЛГ дает возможность осуществить импульсный или импульсно-периодический режим работы. Управляя скважностью работы лампы. можно добиться широких регулировочных возможностей независимо от характера и параметров нагрузки. Реализация данного способа управления показана на рисунке 3. Звено управления устанавливается в цепи постоянной

составляющей сеточного тока, и его конфигурация не зависит от типа ЛГ и его мощности. Поясним работу ЛГ при данном способе управления.

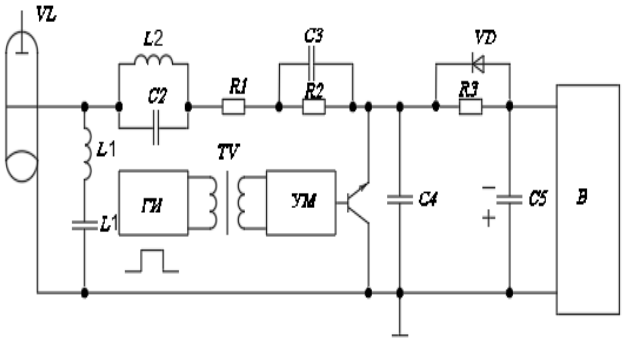


Рис. 3. Звено управления ЛГ при воздействий на цепь постоянной составляющей сеточного тока

Лампа находится в запертом состоянии при подаче отрицательного напряжения на ее сетку, что достигается установкой в данной цепи источника постоянного напряжения. Напряжение этого источника зависит от Еа и β. Например, для генератора ВЧГЗ-60/13,56 при Еа =10 кВ значение запирающего напряжения для надежного срыва генерации должно составлять 500 В. Пуск генератора осуществляется замыканием транзистора. Цепь автосмещения оказывается подключенной к общей шине, и возбуждение ЛГ происходит как в обычной схеме.

В установившемся режиме звено управления не оказывает влияния на работу всей установки, Срыв генерации происходит при запирании транзистора. На частоте 13,56 МГц пуск генератора происходит за 5-10 мкс, а выключение – за 10–15 мкс, что позволяет осуществить импульсно периодический режим работы с малыми скважностями при частоте включения до 10 кГц, а также в режиме одиночных импульсов с большими скважностями. Данный способ управления позволяет оказывать динамическое воздействие на зону обработки, что может быть полезным для реализации специальных алгоритмов регулирования.

Заключение. Таким образом, в ЛГ для электротермии целесообразно использовать устройства на основе микропроцессоров, что дает возможность реализовать алгоритмы управления по предварительно полученной модели. Эго позволяет иметь максимальный к.п.д. всего технологического процесса, что значительно увеличивает эффективность использования оборудования, а также автоматизировать режим работы ЛГ. Управление ЛГ осуществляется при регулировании выпрямителям, однако перспективным направлением является управление по сетке, которое, кроме того, дает возможность осуществлять импульсный нагрев и обработку деталей по оптимальным алгоритмам.

Список литературы

1. Иванов, Д.В. Разработка лампового генератора мощностью 1 МВт и частотой 0,44 МГц для питания ВЧИ-плазмотрона [Текст] / Д.В. Иванов // Электричество. – 2023. – №6.

2. Поляков, В.Д. Высокочастотный генератор для индукционного нагрева [Текст] / В.Д. Поляков, Э. Чаколья // Электротехника. – 2000. – № 12. – С. 31-34.
3. Иванов, А.Б. Импульсные передатчики СВЧ [Текст] / А.Б. Иванов. – Москва: Советское радио, 2009. – 113-118 с.
4. Важенина, З.П. Импульсные генераторы на транзисторах [Текст] / З.П. Важенина. – М.: Энергия, 2000. – 128 с.
5. Иванов, В.В. Генераторные, фазовые и частотные преобразователи и модуляторы [Текст] / В.В. Иванов, В.К. Шакурский. – М.: Радио и связь, 2003. – 184 с.
6. Блинов Ю.И., Сазонов Л.В., Яблонская О.П. Анализ режимов работы ламповых генераторов для электротехнологий с приименением ЭЦВМ [Текст] / Ю.И. Блинов., Л.В. Сазонов, О.П. Яблонская // Изв. вузов. Электромеханика. – 1984. – №9. – С. 93-97.
7. Murashov I. et al. Development of Digital Twin of High Frequency Generator with Self-Excitation in Simulink. – IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2019. Vol. 643 (1).

Материал поступил в редакцию 08.01.25, принят 17.03.25.

Н.Ш. Абдлахатова[1], Т.С. Жүсіп[1], А.Ә. Әрпіш[1]

[1]Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,
Тараз қ., Қазақстан

ЭЛЕКТРОТЕРМИЯЛЫҚ МАҚСАТТАҒЫ ЛАМПАЛЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада әртүрлі технологиялық жүктемелерді энергиямен қамтамасыз ете алатын жоғары жиілікті түтік автогенераторлары қарастырылған. Пайдалану аймағы, басқару әдісі, сондай-ақ генераторлардың схемаларын автоматтандырылған зерттеу жүйесі ұсынылған. Жоғары энергетикалық көрсеткіштері бар сенімді көздерді құру үшін түтік генераторларының жұмыс режимдері қарастырылды. Генератор шамы екі тәуелді ток көздерінен тұратын эквивалентті схема ретінде ұсынылады, олардың біреуі анодтармен, екіншісі торлы сипаттамалармен анықталады. Зерттеулерді автоматтандыру негізгі элементтердің коммутация моментін анықтауға, тізбектің әртүрлі бөліктерінің кернеулері мен токтарын өлшеуге, сызықтық емес резисторлардың, индуктивтіліктің, сыйымдылықтардың бөлшектік-сызықтық сипаттамаларын модельдеуге мүмкіндік беретін модельді басқару блогының элементтерімен қамтамасыз етіледі. Өнеркәсіпте қолданылатын әртүрлі генераторлық шамдардың жұмыс режимдерін талдау олардың жүктеме сипаттамалары 4-500 кВт қуат диапазонында өз түрін сапалы сақтайтынын көрсетті. Басқару, түтік генератор түзеткіштерді реттеу кезінде жүзеге асырылады, бірақ перспективалы бағыт- торды басқару, ол сонымен қатар импульсті жылытуға және бөлшектерді оңтайлы алгоритмдер бойынша өңдеуге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: түтік генераторы, инвертор, түзеткіш, кернеу, басқару алгоритмі.

N.Sh. Abdlakhatova[1], T.S. Zhussip[1], A.A. Arpish[1]

[1]*Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan*

METHODS FOR THE ANALYSIS AND CONTROL OF VACUUM TUBE GENERATORS IN ELECTROTHERMAL APPLICATIONS

Abstract. The article presents high-frequency tube autogenerators that are capable of providing energy for various technological loads. The scope of use, the control method, as well as the system of automated study of lamp generator circuits are presented. The modes of operation of lamp generators were considered to create reliable sources with high energy performance. The generator lamp appears to be an equivalent circuit consisting of two dependent current sources, one of which is determined by anode characteristics, the other by grid characteristics. Automation of research is provided by the elements of the model control unit, which allow determining the switching moment of key elements, measuring voltages and currents of various sections of the circuit, and modeling piecewise linear characteristics of nonlinear resistors, inductors, and capacitances. An analysis of the operating modes of various generator lamps used in industry has shown that their load characteristics qualitatively retain their appearance in the power range of 4-500 kW. LG control is carried out by regulating rectifiers, however, grid control is a promising direction, which, in addition, makes it possible to carry out pulsed heating and processing of parts according to optimal algorithms.

Keywords: lamp generator, inverter, rectifier, voltage, control algorithm.

References

1. Ivanov D.V. Razrabotka lampovogo generatora moshchnost'yu 1 MVt i chastotoj 0,44 MGc dlya pitaniya VChI-plazmotrona [Development of a vacuum tube generator with a power of 1 MW and a frequency of 0.44 MHz for powering a high-frequency plasma torch] // Electricity. – 2023. – No. 6, [in Russian].
2. Polyakov V.D., Chakolya E. Vysokochastotnyj generator dlya indukcionnogo nagreva [High-frequency generator for induction heating] // Electrical engineering. – 2000. – No. 12. – P. 31-343, [in Russian].
3. Ivanov, A.B. Impul'snye peredatchiki SVCh [Microwave pulse transmitters] – Moscow: Soviet Radio, 2009. – 113-118 p., [in Russian].
4. Vazhenina, Z.P. Impul'snye generatory na tranzistorah [Pulse generators on transistors]. – M.: Energy, 2000. – 128 p, [in Russian].
5. Ivanov, V.V., Shakursky, V.K. Generatornye, fazovye i chastotnye preobrazovateli i modulyatory [Generator, phase and frequency converters and modulators]. – M.: Radio and communication, 2003. – 184 p., [in Russian].
6. Blinov Yu.I., Sazonov L.V., Yablonskaya O.P. Analiz rezhimov raboty lampovyh generatorov dlya elektrotekhnologij s priimeneniem ECVM [Analysis of operating modes of vacuum tube generators for electrical technologies using digital computers] // News of universities. Electromechanics. – 1984. – No. 9. – P. 93-97, [in Russian].
7. Murashov I. et al. Development of Digital Twin of High Frequency Generator with Self-Excitation in Simulink. – IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2019. – Vol. 643 (1).

IRSTI 30.15.19

A.A. Myasnikov ©

Candidate of Technical Sciences

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-7427-0885*

National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Institute of Physical and Technical Problems

Bishkek, Kyrgyz Republic

@ *sky.trek@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UKTZ5192

STUDY OF LOAD DISTRIBUTION BETWEEN ROLLING BODY

Abstract. The load distribution between rolling elements of a non-rotating bearing with increasing interference fit of the outer ring is investigated. It is found that the unevenness of the load distribution between rolling elements decreases, and increases with increasing clearance fit. With increasing clearance fit, the load on the central rolling element increases for all loads applied to the bearing.

To establish the influence of the main factors and their interaction on the change in the coefficient of load distribution between rolling elements and to obtain a mathematical model, the studies were carried out using multifactorial experiment planning. The signs at the coefficients of the model show that in order to achieve the most uniform load distribution between rolling elements, the thickness of the polymer coating should be at the upper level, and the radial clearance of the bearing and the load on the bearing should be at the lower level.

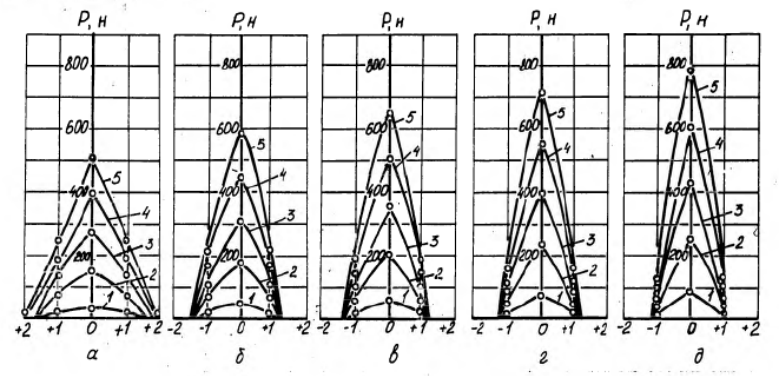
Keywords: bearing, seats, clearance, operation, wear, interference, load, fit.

Myasnikov A.A. Study of load distribution between rolling body //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.503-511. https://doi.org/10.55956/UKTZ5192

Introduction. Studies of the load distribution between the rolling elements of a non-rotating bearing have shown that with an increase in the interference fit of the outer ring, the unevenness of the load distribution between the rolling elements decreases, and with an increase in the clearance fit, it increases. For example, Figure 1 shows the load distribution between the rolling elements of a bearing with a radial clearance of 0.008 mm with an interference of 0.005 mm and packing clearances of 0.057, 0.123, 0.236 and 0.336 mm.

In Figure 1, the numbers on the abscissa axis indicate the ordinal numbers of the rolling elements: central (0), first lateral (-1, +1), second lateral (-2, +2). The ordinate axis shows the load supported by each rolling element.

With a fit interference of 0.005 mm, the load on the central rolling element increases with increasing bearing load and reaches 518 N with a load of 1044 N (Fig. 1a). Part of the load applied to the bearing is supported by the lateral rolling elements. Thus, with a bearing load of 143 N, the first lateral rolling elements support a load of 20 N, and with a bearing load of 1044-245 N. With maximum bearing load, the second lateral elements support a load of 15 N.



1,2,3,4,5 – bearing load 143, 406, 619, 831 and 1044 N, respectively.

a – fit interference 0.005 mm; b, c, d, e – fit clearance 0.057, 0.123, 0.236 and 0.336 mm, respectively.

Figure 1. Load distribution between rolling elements with a radial bearing clearance of 0.008 mm

With an increase in fit clearance, the load on the central rolling element increases for all loads applied to the bearing. Thus, the load on the central rolling element with a fit clearance of 0.336 mm and a bearing load of 1044 N is 780 N, which exceeds the load on the central rolling element of a bearing with a fit interference of 0.005 mm by 1.5 times.

With an increase in the fit clearance, the load on the lateral rolling elements decreases. With a fit clearance, only the first lateral rolling elements bear the load, while the second lateral rolling elements do not bear any load. If with a load of 1044 N and an interference of 0.05 mm the first lateral elements bear a load of 245 N, then with a fit clearance of 0.057 mm – 214 N, 0.123 mm – 186 N, 0.236 mm – 158 N and 0.336 mm – 130 N.

Thus, with an increase in the fit clearance, the load on the central rolling element increases, and on the lateral rolling elements it decreases, which increases the unevenness of the load distribution between the rolling elements.

If the obtained values of the load on the central rolling element are substituted into the formula, the service life of a rolling bearing with a fit clearance of 0.336 mm will be 3.92 times less than with an interference fit of 0.005 mm.

Materials and methods. The uniformity of the load distribution between the rolling elements can be characterized by the load distribution coefficient, which is defined as the ratio of the load on the first lateral rolling element to the load on the central rolling element. Figure 2 shows the dependence of the load distribution coefficient on the interference fit and fit clearance for a bearing with a radial clearance of 0.008 mm and a bearing load of 1044 N. With an increase in the fit clearance to 0.336 mm, the load distribution coefficient decreases from 0.47 to 0.16.

It was not possible to compare the experimental values of the load distribution coefficient at different values of the fit clearance with the calculated ones, since the known formulas do not take fit clearances into account.

The smaller the fit clearance, the greater the distribution coefficient and the more uniformly the load is distributed between the rolling elements. Therefore, in rolling bearings of tractors, cars and agricultural machinery installed with a clearance, there is a significant unevenness of the load distribution between the

rolling elements, which reduces the service life of the rolling bearings. In addition, when installing a bearing in a housing without interference, the outer ring of the bearing rotates and the seating surfaces wear out intensively, which leads to an increase in the fit clearance and an even greater increase in the unevenness of the load distribution between the rolling elements.

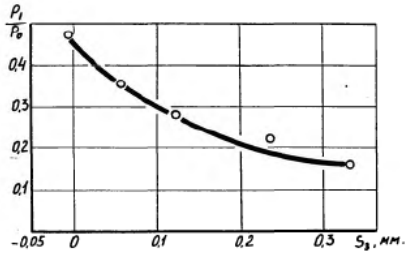
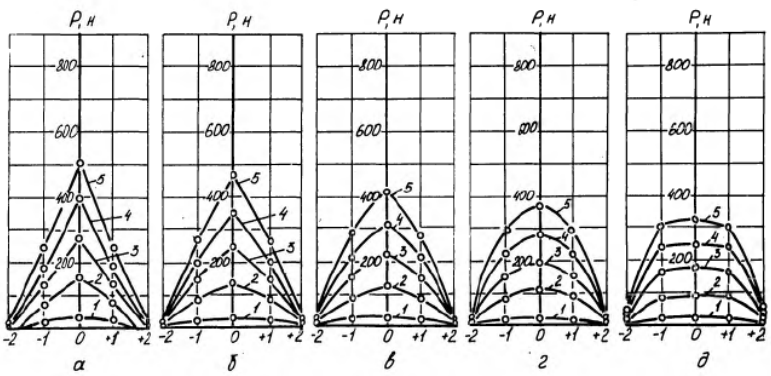


Fig. 2. Dependence of the coefficient of load distribution between rolling elements on the interference fit and clearance with a radial bearing clearance of 0.008 mm

The studies of load distribution between rolling elements during bearing fit restoration with the sealant BF were carried out with a coating thickness of 8, 58, 98, 139, 182 μm under bearing loading with a load of 143, 406, 619, 831, 1044 N.

When restoring fit clearances with the sealant 6F, the unevenness of load distribution over rolling elements is significantly reduced. With a polymer coating thickness of 8 μm (Fig. 3a), the load distribution is close to load distribution between the rolling elements of a bearing installed with an interference fit of 0.005 mm without a polymer coating.



P – bearing load 143, 406, 619, 813, 1044 N, respectively. a, b, c, d, e – polymer coating thickness 8, 53, 98, 139, 182 μm, respectively.

Fig. 3. Load distribution between rolling elements when restoring the bearing fit with 6F sealant

The greatest load falls on the central rolling element. In this case, part of the load is supported by the first lateral rolling elements. The second lateral rolling elements do not support the load at low bearing loads, and with an increase in the bearing load, they begin to support an insignificant part of the load. With increasing thickness of the polymer coating, the load on the central rolling element decreases, and on the lateral rolling elements increases (Fig. 3b, 3c, 3d), the load is redistributed between the rolling elements. With a polymer coating thickness of

182 μm, the load on the central element and the first lateral rolling elements is almost equalized.

When restoring the bearing fit by applying coatings from the 6F sealant solution, the load on the most loaded rolling element decreases by more than 1.5 times compared to a bearing installed with an interference fit of 0.005 mm without a polymer coating, and by more than 2.4 times compared to a bearing installed with a fit clearance of 0.336 mm also without a polymer coating. As a result, the service life of the rolling bearing can be increased by 4.55 and 18.2 times, respectively. Figure 4 shows the dependence of the coefficient of load distribution between the rolling elements on the thickness of the polymer coating with a radial bearing clearance of 0.008 mm. The most favorable case of load distribution between the rolling elements is the case in which the coefficient of load distribution is equal to one. In this case, the load on the central and lateral rolling elements is equalized.

With a polymer coating thickness of 182 μm, the coefficient of load distribution between the rolling elements is close to one. A further increase in the thickness of the polymer coating can lead to an even greater increase in the coefficient of load distribution. However, an excessive increase in the thickness of the polymer coating can be limited by the service life of the fixed connection [1-3].

Thus, when restoring the fits of rolling bearings with elastomers, their service life can be increased by 18.2 times compared to an installation with a fit clearance of 0.336 mm.

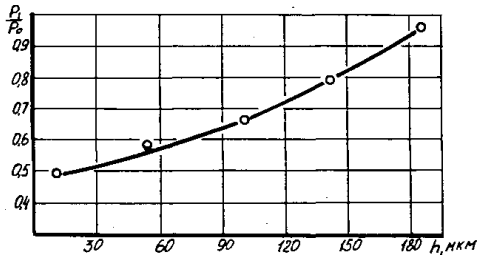


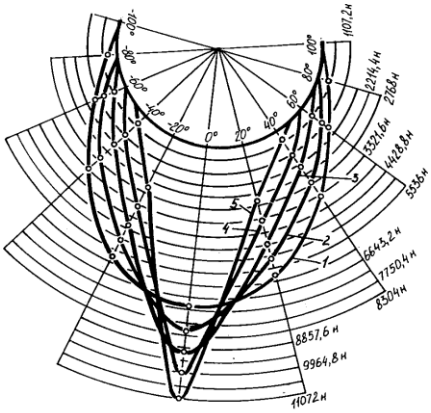
Fig. 4. Dependence of the coefficient of load distribution between rolling elements on the polymer coating thickness with a radial bearing clearance of 0.008 mm

Research results. To confirm the results of the experiments carried out with a stationary bearing, additional experiments were conducted to study the distribution of the load between the rolling elements during bearing rotation and at high load values. The developed experimental research technique made it possible to determine the load distribution along the circumference at any point. Figures 5 and 6 show the load distribution at angles of 0, 20, 40, 60, 80 and 100° relative to the vertical axis of the bearing. The lower half of the bearing was under load, and at angles of 100° and higher, it was not possible to record the load.

Analysis of the experimental results showed that with an increase in the fit clearance, the unevenness of the load distribution between the rolling elements increases (Fig. 5). This in turn leads to a decrease in the loading zone and an increase in contact stresses.

Thus, if with an interference of 0.010 mm the central rolling element takes a load of 7050 N, the first lateral rolling element 3422 N, the second 508 N, then with a clearance of 0.336 mm the central rolling element takes a load of 11072 N, the first lateral rolling element - 484 N, the second element does not take a load. By

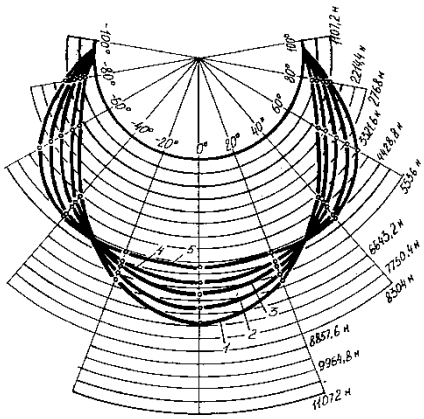
changing the fit, it is possible to change the load on the central rolling element by 1.6 times.



1 – interference fit 0.005 mm; 2, 3, 4, 5 – clearance fit respectively 0.057; 0.123: 0.236 and 0.336 mm.

Fig. 5. Load distribution between rolling elements during bearing rotation under a load of 11358.2 N

When restoring fixed joints with elastomers, the unevenness of the load distribution between the rolling elements decreases (Fig. 6), the bearing load zone increases and the specific pressure on the working surfaces of the bearing parts decreases. With a polymer coating thickness of 8 μm, the load on the central rolling element is 7041 N, on the first lateral ones – 3428 N, on the second lateral ones – 513 N. An increase in the coating thickness leads to a decrease in the load on the central rolling element and an increase in the load on the lateral rolling elements. Thus, with a polymer coating thickness of 182 μm, the load on the central rolling element is 4694 N, on the first lateral ones – 4675 N, on the second lateral ones – 1201 N. Thus, when restoring the fits of rolling bearings with elastomers, it is possible to increase the load distribution coefficient between the rolling elements by 22.6 times compared to a fit clearance of 0.335 mm, which contributes to a significant increase in the service life of rolling bearings.



1, 2, 3, 4, 5 – polymer coating thickness respectively 53, 98, 139, 182 mm.

Fig. 6. Load distribution between rolling elements during bearing rotation under a load of 11358.2 N and with fits restored with 6F sealant

The experiments showed that the main factors affecting the load distribution coefficient between rolling elements are the radial clearance of the bearing (X1), the load on the bearing (X2), the fit clearance (X3) and the polymer coating thickness (X3/).

Discussion. To establish the influence of the main factors and their interaction on the change in the load distribution coefficient between rolling elements and to obtain a mathematical model, the studies were carried out using multifactorial experiment planning. Due to the incompatibility of two factors: the fit clearance and the polymer coating thickness, the studies were carried out in two stages. The effect of the fit gap and the polymer coating thickness were determined separately.

The results were processed and calculated on a computer using a standard program. The average values of the output parameters for each experiment, the coefficients of the regression equations, the square roots of the reproducibility variances for each experiment and the regression equations are presented in tabular form.

According to the results of calculations on the computer, the regression equations are presented with reliable coefficients normalized by the smallest modulus. Therefore, for the convenience of further calculations, we will write regression equation with true coefficients in the following form.

For experiments without polymer coating:

$$У=0{,}246 – 0{,}0738X_1 – 0{,}031X_2 – 0{,}01158X_3 – 0{,}003X_1X_2 + \\ + 0{,}0762X_1X_3 + 0{,}0201X_2X_3 – 0{,}0321X_1X_2X_3 \quad (1)$$

For experiments with polymer coating:

$$У=0{,}688 – 0{,}052X_1 – 0{,}002X_2 + 0{,}223X_3^{/} + 0{,}016X_1X_2 + 0{,}017X_1X_3^{/} + \\ + 0{,}018X_2X_3^{/} + 0{,}015X_1X_2X_3^{/} \quad (2)$$

Model adequacy variance

For the first case:

$$S_{ag}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\bar{y}_i - \hat{y})^2}{f} = \frac{0{,}000008}{4} = 0{,}000002$$

For the second case:

$$S_{ag}^2 = \frac{0{,}000008}{4} = 0{,}000002$$

Fisher's criterion for checking the adequacy of the model for each case:

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} = \frac{0{,}000002}{0{,}000057} = 0{,}0350$$

$$F = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} = \frac{0{,}000002}{0{,}000285} = 0{,}0070$$

The tabular value of the Fisher criterion for the number of degrees of freedom of the numerator 3 and the denominator 16 is FT = 3.0 [4-6]. The calculated values of the F-criterion in both cases are much less than the tabular one,

so the hypotheses about the adequacy of the models are accepted. The experimental plans and results are presented in Table 1 and Table 2 for the cases without and with polymer coating, respectively.

Table 1

Plan and results of the FFE of 2^3 experiments without a polymer coating

Experience №	Factor level			Output parameter value			Average value, $\bar{y}$	Reproducibility variance, S_y^2	Calculated value, $\hat{y}$
	X_1	X_2	X_3	$У_1$	$У_2$	$У_3$			
1	-	-	-	0.651	0.658	0.648	0.651	0.000009	0.652
2	+	-	-	0.258	0.259	0.255	0.257	0.000004	0.256
3	-	+	-	0.473	0.475	0.470	0.473	0.000009	0.474
4	+	+	-	0.208	0.210	0.205	0.208	0.000009	0.207
5	-	-	+	0.115	0.117	0.112	0.115	0.000009	0.116
6	+	-	+	0.197	0.198	0.195	0.197	0.000004	0.196
7	-	+	+	0.166	0.168	0.165	0.166	0.000004	0.167
8	+	+	+	0.094	0.096	0.091	0.094	0.000009	0.093
$\sum_{i=1}^{N} S_y^2 = 0.000057$									

Table 2

Plan and results of the FFE 2^3 experiments with polymer coating

Experience №	Factor level			Output parameter value			Average value, $\bar{y}$	Reproducibility variance, S_y^2	Reproducibility variance, $\hat{y}$
	X_1	X_2	X_3	$У_1$	$У_2$	$У_3$			
1	-	-	-	0.555	0.559	0.550	0.555	0.000025	0.556
2	+	-	-	0.414	0.419	0.410	0.414	0.000025	0.415
3	-	+	-	0.515	0.518	0.510	0.514	0.000016	0.513
4	+	+	-	0.378	0.383	0.370	0.377	0.000049	0.378
5	-	-	+	0.960	0.966	0.956	0.961	0.000025	0.962
6	+	-	+	0.830	0.836	0.820	0.829	0.000064	0.830
7	-	+	+	0.934	0.939	0.922	0.932	0.000081	0.933
8	+	+	+	0.921	0.928	0.919	0.923	0.000025	0.922
$\sum_{i=1}^{N} S_y^2 = 0.000285$									

Conclusion. From the regression equation (1) we see that the greatest influence on the distribution of the load between the rolling elements is exerted by the clearance in the fixed joint. After the clearance, the radial clearance of the bearing has a significant effect, and then the load on the bearing. The signs at the coefficients of the model show that in order to achieve the most uniform distribution of the load when assembling a bearing without a polymer coating, all factors should be at a lower level, i.e. the clearance of the fit, the radial clearance of the bearing, the load on the bearing should have minimum values. From equation (2) it is evident that when restoring the bearing fit by applying coatings from the 6F sealant solution, the distribution of the load between the rolling elements is primarily affected by the thickness of the polymer coating, and then by the radial clearance of the bearing. The bearing load in this case has little effect on the distribution of the load between the rolling elements. The signs at the model coefficients show that in order to achieve the most uniform distribution of the load

between the rolling elements, the thickness of the polymer coating should be at the upper level, and the radial clearance of the bearing and the load on the bearing should be at the lower level.

References

1. Kashuba, B.P., Kukhtov, V.G., Kugel', R.V. Vliyaniye usloviy ekspluatatsii na resurs elementov shassi traktora T-I50K [Effect of operating conditions on the service life of T-I50K tractor chassis elements]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1982. – 11-12 p. [in Russian].
2. Lyubchevskiy, P.YA., Kugel', R.V. Dolgovechnost' sharikovykh podshipnikov v traktornykh transmissiyakh [Durability of ball bearings in tractor transmissions]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1982. – 30-32 p. [in Russian].
3. Kukhtov, V.G., Kugel', R.V. Statisticheskiy analiz iznosov sharikovykh podshipnikov korobok peredach kolesnykh traktorov klassa 3 [Statistical analysis of wear of ball bearings in gearboxes of class 3 wheeled tractors]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1983. – 21-23 s. [in Russian].
4. Babusenko, S.M. Vliyaniye geometricheskikh parametrov posadochnogo mesta v korpuse na dolgovechnost' podshipnika [Influence of geometric parameters of the seat in the housing on the service life of the bearing] // Reports of the Timiryazev Agricultural Academy: Issue. 81. – Moscow, 1963. – P.348-356. [in Russian].
5. Volokhovich, M.F. K voprosu o vliyanii zhestkosti korpusa na raspredeleniye nagruzki mezhdu sharikami v sharikopodshipnike. Tom.17 [On the influence of housing rigidity on the distribution of load between balls in a ball bearing. Vol 17]. – Moscow: Proceedings of the Odessa Polytechnic Institute, 1958. – 219-222 p. [in Russian].
6. Ivanov, B.A., Mazhov, B.D. K voprosu ob optimal'nom raspredelenii nagruzki po telam kacheniya v podshipnikakh. V kn.Dinamika i prochnost' mekhanicheskikh sistem [On the issue of optimal load distribution over rolling elements in bearings. In the book Dynamics and strength of mechanical systems]. – Perm, 1972. – 167-172 p. [in Russian].

Received: 07 February 2025
Accepted: 14 March 2025

А.А. Мясников

Қырғыз Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, Физикалық-техникалық мәселелер институты, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы

ЖҮКТЕМЕНІҢ АЙНАЛҒАН ДЕНЕ АРАСЫНДА БӨЛУІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Айналмайтын мойынтіректердегі домалақ денелер арасындағы жүктеменің таралуы сыртқы сақинаның қону кернеуінің жоғарылауымен зерттелді. Домалау денелері арасындағы жүктеменің біркелкі бөлінбеуі төмендейтіні және қону саңылауының ұлғаюымен өсетіні анықталды. Қону саңылауының ұлғаюымен мойынтірекке қолданылатын барлық жүктемелер кезінде орталық домалақ денеге жүктеме артады.

Негізгі факторлардың әсерін және олардың өзара әрекеттесуін анықтау үшін жылжымалы денелер арасындағы жүктеменің таралу коэффициентінің өзгеруіне және математикалық модельді алуға зерттеулер көп факторлы экспериментті жоспарлауды қолдана отырып жүргізілді. Модель коэффициенттеріндегі белгілер жылжымалы денелер арасындағы жүктеменің біркелкі таралуына қол жеткізу үшін полимерлі жабынның қалыңдығы жоғарғы деңгейде, ал мойынтіректің радиалды

саңылауы және мойынтіректің жүктемесі төменгі деңгейде болуы керек екенін көрсетеді.

Тірек сөздер: мойынтірек, орындықтар, саңылау, пайдалану, тозу, созылу, жүктеме, қону.

А.А. Мясников

Национальная академия наук КР, Институт физико-технических проблем, г. Бишкек, Кыргызская Республика

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Аннотация. Исследованы распределения нагрузки между телами качения при невращающемся подшипнике с увеличением натяга посадки наружного кольца. Установлено, что неравномерность распределения нагрузки между телами качения снижается, а с увеличением зазора посадки возрастает. С увеличением зазора посадки нагрузка на центральное тело качения возрастает при всех нагрузках, приложенных к подшипнику.

Для установления влияния основных факторов и их взаимодействия на изменение коэффициента распределения нагрузки между телами качения и получения математической модели исследования проводили с использованием планирования многофакторного эксперимента. Знаки при коэффициентах модели показывают, что для достижения наиболее равномерного распределения нагрузки между телами качения толщина полимерного покрытия должна находиться на верхнем уровне, а радиальный зазор подшипника и нагрузка на подшипник на нижнем уровне.

Ключевые слова: подшипник, посадочные места, зазор, эксплуатация, износ, натяг, нагрузка, посадка.

ҒТАМР 50.01.05

Д. Сұлтанбекұлы[1] – *негізгі автор*,
В.В. Науменко[2] ©

[1]*Магистрант*, [2]*PhD*
ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0002-0432-1410* [2]*https://orcid.org/0009-0002-8013-8159*
[1,2]*«Тұран» университеті,*
Алматы қ., Қазақстан
@ [1]*raevdauir00@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/ULXC7485

ЖЕКЕ БІЛІМ БЕРУ ТРАЕКТОРИЯСЫ АТ МАМАНДАРЫН ОҚЫТУДА ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа. Мақалада АТ мамандарын даярлаудағы инновациялық тәсіл ретінде жеке білім беру траекториясы тұжырымдамасы қарастырылады. Заманауи білім беру технологиялары жағдайында жеке білім беру траекториясын жобалау және іске асыру ерекшеліктері, осы тәсілді кәсіби дайындықта қолданудың артықшылықтары сипатталған. Модульдік бағдарламалардың, цифрлық платформалардың және тәлімгерлік жүйесінің рөліне ерекше назар аударылады. Білім беру процесінің икемділігі мен өзгергіштігін, сондай-ақ білім беру практикасына жеке білім беру траекториясын енгізудің сын-қатерлері мен перспективаларын қамтамасыз ететін негізгі аспектілер қарастырылады.

Тірек сөздер: жеке білім беру траекториясы, АТ мамандары, модульдік бағдарламалар, цифрлық платформалар, тәлімгерлік, оқытудың икемділігі.

Сұлтанбекұлы, Д. Жеке білім беру траекториясы АТ мамандарын оқытуда қолданылуы [Мәтін] / Д. Сұлтанбекұлы, В.В. Науменко //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.512-519. https://doi.org/10.55956/ULXC7485

Кіріспе. Білім беру саласындағы заманауи үрдістер мамандарды даярлау тәсілдерін, әсіресе ақпараттық технологиялар сияқты серпінді салаларда қайта қарауды талап етеді. Дәстүрлі білім беру бағдарламалары көбінесе студенттер мен жұмыс берушілердің қажеттіліктерін толық қанағаттандыра алмайды, бұл инновациялық әдістерді енгізу қажеттілігіне әкеледі, олардың бірі жеке білім беру траекториясы тұжырымдамасы болып табылады.

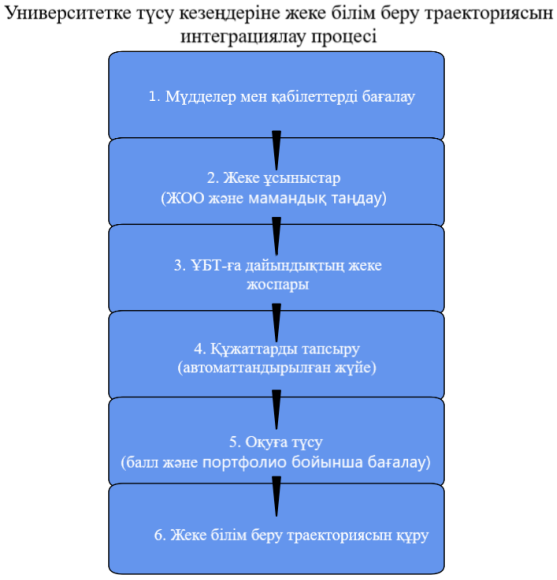
Жеке білім беру траекториясы-бұл әр студенттің қызығушылықтарын, дайындық деңгейін және мансаптық мақсаттарын есепке алуға бағытталған оқытудың жеке тәсілі. Бұл оқу процесін икемді, ынталандыратын және тиімді етуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе тұрақты технологиялық прогресс жағдайында жұмыс істейтін АТ мамандары үшін маңызды.

Цифрландыру және еңбек нарығындағы қарқынды өзгерістер дәуірінде АТ мамандарын табысты даярлау икемділік пен жаңа сын-қатерлерге бейімделу қабілетін талап етеді. Дәстүрлі оқу жоспарлары мұндай жағдайларды әрдайым қамтамасыз ете алмайды. Жеке білім беру

траекториясы бұл мәселені студенттерге олардың қызығушылықтары мен кәсіби қажеттіліктеріне сәйкес білім мен дағдыларды игеруге мүмкіндік беру арқылы шешуге мүмкіндік береді.

Айта кету керек, кез келген елдің тұрақты инновациялық экономикалық жағдайын қалыптастыру үшін қоғам мен тұтастай мемлекеттің әлеуметтік және экономикалық дамуының негізгі факторларының бірі болып табылатын білім беру жүйесін жаңғырту қажет. Сонымен қатар, білім беруді жаңартудың заманауи түсінігі тек техникалық құрамдас бөлікке ғана емес, сонымен бірге адам әлеуетінің дамуына да байланысты. Соңғысы жастардың өздерінің кәсіби болашағы мен тиімді оқу процесіне қатысты белсенді ұстанымын білдіреді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Болашақ мамандарды даярлау тек танымдық қызметті ғана емес, сонымен қатар жеке тұлғаның қалыптасуын, жұмыс үшін қажетті қасиеттер мен әлеуеттерді де қамтитынын ескеру маңызды. Мұндай механизм жоғары оқу орындарын белсенді оқыту әдістерін әзірлеуге және іске асыруға, оқушының жеке басының қажеттіліктерін ескере отырып, білім беру процесінің толыққанды қатысушысы ретінде түсінуі керек оқытуды дараландыруға көшуге міндеттейді [1]. Белгіленген теориялық ережелер Жеке білім беру траекторияларының даму бағытын оның кәсіби сипаттамаларының призмасы арқылы анықтауға мүмкіндік береді (1-сурет).



Сурет 1. Университетке түсу кезеңдеріне жеке білім беру траекториясын интеграциялау процесі

Зерттеу әдістері ретінде талдау, салыстыру, жүйелік әдіс қолданылды. Талдау жүргізу және практикалық бөлімді дайындау кезінде келесі әдістер қолданылды: сипаттамалардың түрлеріне байланысты сауалнама, хи квадрат және Корреляция. Зерттеуге қатысқан респонденттердің саны Ақпараттық технологиялар саласына байланысты 255 адамды құрады.

Білім берудің жеке траекториясын неғұрлым тиімді құру үшін соңғысы ұғымына талдау жасау керек. Осыған байланысты теоретиктердің осы мәселе бойынша пікірлерін қарастырып, қолда бар мәліметтер негізінде жеке білім беру траекториясы ұғымының өзіндік анықтамасын жасау қажет.

Айта кету керек, жалпы білім беруді даралау педагогикалық әдебиеттерде егжей-тегжейлі зерттелген. Мысалы, Н.Ю. Шапошникова жұмыста осы траекториялардың әртүрлі түсіндірмелерін талдайды. Е.В. Гончарова және Р.М. Чумичева оқушы өзінің жеке білім беру бағдарламасын өз бетінше таңдап, жүзеге асыра алуы керек, ал оқытушылар оқушының өзін-өзі жүзеге асыруына педагогикалық қолдау көрсетуі керек деп көрсетеді [2].

Өз жұмысында С.М. Бочкарева студенттің жеке даму траекториясын оның жеке тұлғаның өзін-өзі дамытудағы қозғалыс сызығы ретінде талдайды және оқу процесінің осындай студенттің жеке басындағы өзгерістермен байланысын анықтайды, бұл оған өз күштері мен мүмкіндіктерін әртүрлі міндеттермен және басшылық пен әріптестердің талаптарымен байсалды түрде байланыстыруға көмектеседі.

Жеке маршрут тұжырымдамасынан басқа, Н.А. Лабунская білім алу процесінде және әріптестерімен және университетпен өзара әрекеттесу кезінде көптеген студенттерге ортақ кезеңдер мен кезеңдердің толық жиынтығын қамтитын жалпыланған білім беру маршрутын енгізеді.

Басқа теоретиктер жоғарыда аталған ұғымдардан басқа, студенттің жеке оқу траекториясын қарастыруды ұсынады, ол оқу процесін ескере отырып, соңғысының бүкіл оқу іс-әрекетін тұлғаға бағытталған ұйымдастыруды қамтиды. Белгіленгеннен басқа, портфолио сияқты оқушыларды бағалаудың жаңа формалары әзірленуде. Университет студенттерінің сауалнамасы, кем дегенде, кейбір студенттер жеке білім беру траекторияларын құруға ұмтылатынын растайды, бірақ жоғары оқу орындары үшін студенттерді оқытуды дараландыруды кеңінен таратуға мүмкіндік бермейтін әртүрлі қиындықтар бар.

Сурет 2. Жеке білім беру траекториясын құру кезеңдері

Зерттеу нәтижелері. Дараландыру ерікті бола алмайтынын және оқу бағдарламасының белгіленген шеңберіне сәйкес келуі керек екенін көрсету маңызды. Белгіленген білім беру стандарттарының шектеулері шеңберінде белгілі бір кәсіби саланың мамандануын таңдау үшін оқытуды жекелендіруге әлі де көптеген мүмкіндіктер бар. Мысалы, ақпараттық технологияларды

оқитын студенттер үшін аталған мамандандыру экономиканың әртүрлі секторлары арасында таңдау болуы мүмкін: банктер, Телекоммуникациялар, өнеркәсіптік өндіріс, логистика, авиация және зымыран туралы ғылым, автомобиль өнеркәсібі, интернет-компаниялар, әлеуметтік желілер және т. б. егер біз дамып келе жатқан компьютерлік технологияларды негіз ретінде қарастыратын болсақ, онда даралау біреуін жетілдірілген зерттеуден тұруы мүмкін ат-дағы салалар: мәліметтер базасы; сараптамалық жүйелер; деректер қауіпсіздігі; таратылған тізілімдер; жасанды интеллект; Машиналық оқыту және бейнені тану; табиғи тілді түсіну; автоматтандырылған жүйелер және технологиялық процестерді басқару; робототехника және т.б. жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, студенттердің оқуын жекелендіру мүмкіндіктері білім беру стандарттарының қатаң шеңберінде де бар [3].

Осылайша, қарастырылып отырған терминді келесідей анықтауға болады: жеке білім беру траекториясы-бұл жеке білім беру жолының тәуелсіз анықтамасы және өтуі, оның негізгі мақсаты белгілі бір студенттің өзіндік әлеуетіне сәйкес келетін белгілі бір кәсіби деңгейге жету. Білім алушыларда өз оқуын дараландыруға және кейіннен жұмысқа орналасу кезінде, оның ішінде жеке және кәсіби сипаттамалардың көмегімен табысқа жетуге қосымша мүмкіндіктер пайда болуы тиіс. Соңғыларын зерттеу және талдау, білім берудің жеке траекторияларын құру үшін олардың маңыздылығын анықтау практикалық зерттеудің негізгі мақсаты болып табылады.

Жеке білім беру траекториялары бірқатар маңызды функцияларды орындайды, олардың ішінде ақпараттық, нормативтік, ұйымдастырушылық және жеке анықтау функциясы бар. Соңғысының дұрыс дамуы студенттерді олардың жеке ерекшеліктеріне сәйкес бөлуге мүмкіндік береді. Қарастырылып отырған траекторияны тиімді дамыту үшін студенттер мен оқытушылар құрамы арасындағы ынтымақтастықты жүзеге асыру қажет. Бұл ретте жеке білім беру бағытын бір реттік және барлық оқу уақытына әзірлеу мүмкін .стігін атап өту маңызды. Бұл студенттердің сұраныстарының өзгеруімен, білім беру ортасының жағдайымен, жаңа технологиялардың пайда болуымен түсіндіріледі. Осыған байланысты білім беру маршрутындағы ықтимал өзгерістерді ескере отырып, нормативтік және әдістемелік ұсынымдар әзірленуі керек.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, білім беру процесі бірнеше міндетті процедуралардан тұруы керек:

1) Білім алу түсінігі мен себептері;
2) Жеке болып табылатын нақты мақсат қою;
3) Оқу қызметінің жоспарын әзірлеу;
4) Жасалған нәтижелерді бағалау;
5) Тиісті түзетулер енгізу (қажет болған жағдайда).

Оқу іс-әрекетінің осындай кезең-кезеңімен жүзеге асырылуы студентке оның жеке басы үшін маңызды білім алуға көмектеседі, оның негізінде болашақта оның кәсіби тағдыры жүзеге асырылады. Жеке тұлғаның кәсіби қалыптасуы білім беру траекториясын құрумен тікелей байланысты екенін атап өткен жөн. Соңғысының бастапқы нүктесі жеке тұлғаның даму деңгейі мен қоғам, оқу, кәсіп тарапынан қойылатын талаптар арасында туындайтын қайшылықтар болып табылады.

Білім беру қызметінің субъектісі бола отырып, білім алушы жеке қасиеттерін жетілдіреді, қажетті дағдылар мен білім алады. Студенттің үздіксіз білімі және оның кәсіби өсуі ажырамас компоненттер болып табылады, олар жеке тұлғаның әлеуетінің бірлігі мен жинақталуын құрайды.

Студенттің кәсіби жолын қалыптастыру-бұл күрделі көп қырлы процесс, онда соңғысы тиісті қатынастардың белсенді қатысушысы болып табылады. Осыған байланысты жеке білім беру траекториясын құруға табысты және қанағаттанарлық мамандарға тән белгілі бір жеке сипаттамалар айтарлықтай әсер ететінін атап өту қажет сияқты. Бұл қорытынды жүргізілген зерттеуге негізделген.

Соңғысына IT саласындағы мамандықтар бойынша студенттер қатысты. Практикалық жұмыс сауалнаманы қолдана отырып жүргізілді, оның негізгі мақсаты жоғары оқу орнындағы мамандықты және IT саласындағы мамандықты (жұмысты) таңдауға қанағаттануға әсер еткен студенттердің сипаттамаларын анықтау болды [4].

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Алдымен тиісті мамандықты таңдауға қанағаттануға әсер ететін білім беру процесі мен сипаттамаларын қарастыру керек. Жүргізілген сауалнама 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

IT саласындағы мамандықты таңдауға қанағаттану

ерекшелігі	Тест түрі	Нәтиже	p-мәні
ДК меңгеру деңгейі	Корреляция	0,401596361	4.52E-09
Жылына оқылатын кітаптар саны	Корреляция	-0,191360546	0,006920698
Мектептегі нақты пәндер бойынша орташа баға	Корреляция	0,191118127	0,006993565
Мектептегі жаратылыстану пәндері бойынша орташа баға	Корреляция	0,162160272	0,022461129
Мектептегі гуманитарлық пәндер бойынша орташа баға	Корреляция	-0,143160452	0,044212817
Мектептегі зертханалық жұмыстың орташа бағасы	Корреляция	0,141145908	0,047315529
Орташа GPA	Корреляция	0,134128616	0,06576028
Тілдерді білу	Корреляция	0,133121567	0,084451027
Жүгіру (1км)	Корреляция	-0,079800738	0,263750888
Хобби	Хи шаршы	29.16279502	0,000296898
Мектептегі негізгі бағыт	Хи шаршы	20.673036	0,008068608
Күштері	Хи шаршы	23.85809809	0,02126393
Университетте жұмыс тәжірибесі	Хи шаршы	13.47846639	0,036036704
Оқуды бітіргеннен кейінгі жоспарлар	Хи шаршы	6.027946395	0,420066803
Оқуды бітіргеннен кейінгі жоспарлар	Хи шаршы	5.159094957	0,523576102
Қосымшасабақтар	Хи шаршы	2.46752889	0,872083853

Сауалнама нәтижелері бойынша келесі негізгі қорытындыларды ұсыну қажет:

1. Өз біліміне қанағаттанған студенттердің жартысынан көбі (63%) мектепте дербес компьютерді меңгеру деңгейі мүмкін бес ұпайдың бесеуін құрайды;

2. Сауалнамаға қатысқандардың жартысы (50 %) мектептегі ДК-нің төмен деңгейі (5-тен 1 және 2 балл) білімге қанағаттанбаудың себебі болғанын көрсетті;

3. IT біліміне қанағаттанған респонденттердің көпшілігі мектепте математикалық бейімділікпен оқыды;

4. IT-де мамандық таңдауға қанағаттанған сауалнамаға қатысқандардың 74 % – мектеп жылдарында компьютермен байланысты хобби болған;

5. Мамандандыруды таңдаудағы қанағаттанбаушылық құмарлықтары компьютермен байланысты емес студенттердің 71% құрады;

6. Таңдалған мамандыққа қанағаттанған студенттердің күшті жақтары-алгоритмдік ойлау, тәртіптілік және есте сақтау;

7. Тілдерді білу, қарым-қатынас шеңбері, қосымша сабақтар, сондай-ақ мектепті/ЖОО-ны бітіргеннен кейінгі жоспарлар сияқты сипаттамалар IT саласындағы мамандықты таңдауға қанағаттану деңгейіне әсер еткен жоқ.

Сауалнаманың тағы бір бөлімі-бұл IT маманының жұмысына әсер еткен кәсіби сипаттамалар. Соңғысының нәтижелері 2-кесте түрінде ұсынылған.

Кесте 2

IT саласында мамандық таңдауға қанағаттану

Сипаттама	Тест түрі	Нәтиже	p-мәні
Күштері	Хи шаршы	91.7819677871	2.229067E-014
Біліміне көңілі толды	Хи шаршы	67.545686166	7.479642E-014
Мектептегі негізгі бағыт	Хи шаршы	68.2558191995	1.092238E-011
Хобби	Хи шаршы	66.9816332352	1.955227E-011
Университетте жұмыс тәжірибесі	Хи шаршы	49.3354956554	6.387596E-009
Білім	Хи шаршы	30.2638612546	0,0007755038
Қосымша сабақтар	Хи шаршы	6.7532151863	0,3442739548
Оқуды бітіргеннен кейінгі жоспарлар	Хи шаршы	3.3707059262	0,7610846096
Университет елі	Хи шаршы	0,1833413622	0,9960464127
Оқуды бітіргеннен кейінгі жоспарлар	Хи шаршы	0,217853878	0,999801449
ДК меңгеру деңгейі	Корреляция	0,5216751782	6.398523E-019
Мектептегі нақты пәндер бойынша орташа баға	Корреляция	0,4603604221	1.433152E-014
Орташа GPA	Корреляция	0,3049462601	1.900156E-006
Мектептегі зертханалық жұмыстың орташа бағасы	Корреляция	0,251269243	5.679188E-005
Мектептегі жаратылыстану пәндері бойынша орташа баға	Корреляция	0,231753255	0,0002123203
Тілдерді білу	Корреляция	0,1326184716	0,0580158534
Жылына оқылатын кітаптар саны	Корреляция	-0,0548823767	0,386592722
Әлеуметтік шеңбер (1-5)	Корреляция	0,0137593106	0,8282779786
Мектептегі гуманитарлық пәндер бойынша орташа баға	Корреляция	-0,0072296842	0,909261972

Осыған байланысты негізгі ережелерді белгілеу керек:

1. Мамандық таңдауына байланысты сауалнамаға қатысқандардың 74 %-ы мектепте дербес компьютерді меңгеру деңгейі бойынша жоғары балл (4 және 5) болғанын көрсетті;
2. Сауалнамаға қатысушылардың жартысынан көбі (63%) мамандық таңдауда жоғары қанағаттанушылыққа ие, олар мектептегі нақты пәндер бойынша үздік оқушылар екенін атап өтті;
3. Білім беру сияқты, IT саласында жұмыс істейтін азаматтардың күшті жақтары алгоритмдік ойлау, тәртіптілік және есте сақтау болып табылады;
4. Мамандыққа қанағаттанған респонденттердің 63% – мектеп жылдарында ДК-мен байланысты хобби болған;
5. Керісінше, сауалнамаға қатысқандардың кәсіби таңдауына қанағаттанбағандардың 82% – компью компьютерге қатысы жоқ хобби болды;
6. Мамандықты таңдауға қанағаттанудың жоғары деңгейіне білімге қанағаттану және жұмыс тәжірибесінің болуы да ықпал етті;
7. Университетті бітіргеннен кейінгі жоспарлар, университеттің орналасқан елі, қосымша сабақтар, тілдерді білу, бір жыл ішінде оқылған кітаптар саны, қарым-қатынас шеңбері және гуманитарлық мектеп ғылымдары бойынша бағалау сияқты сипаттамалар берілген көрсеткішке әсер еткен жоқ [5].

Қорытынды. Жүргізілген сауалнама студенттің – IT-маманның кәсіби жолы – бұл жеке тұлғаны кәсіби таңдауға қанағаттануға әсер ететін қарым-қатынастар мен өзара әрекеттесулердің белсенді қатысушысы ретінде қарастыратын мектепте оқып жүргенде басталатын ұзақ процесс екенін анықтады. Қарастырылып отырған процесс құрамдас кәсіби сипаттамаларды игеруді, жеке қасиеттерді игеруді, еңбекке, хоббиге байыпты қарауды және білімнің жоғары деңгейін қамтиды.

Кәсіптегі әлеуеттің мазмұны және жеке білім беру траекториясын құру тенденциясы келесі сипаттамаларсыз мүмкін емес:

1. IT саласындағы мамандыққа тікелей қатысы бар қажеттіліктердің болуы;

2. Білім алушылардың қажетті дағдыларды игеруге байланысты өз мүмкіндіктерін түсінуі;

3. Мамандық үшін соңғысының маңыздылығы тұрғысынан жеке қабілеттер мен хоббилерге ұқыпты қарау;

4. Кәсіби әлеуетке жетудің жолдары мен тәсілдерін өз бетінше таңдау.

Осылайша, студенттің мамандық пен оқуды таңдаудағы қанағаттанушылығына жоғары әсер ететін барлық сипаттамаларды үш негізгі топқа жіктеуге болады:

1. Мотивациялық, оның белгілеріне, мысалы, ДК-нің жоғары деңгейіне қызығушылық жатады;

2. Эмоционалды, оның белгілеріне, мысалы, Ақпараттық технологиялар саласындағы болашақ маманның бейнесін жасау жатады;

3. Белсенділік, оның белгілеріне, мысалы, кәсіби жетістікке жету жолдарын іздеуді жатқызуға болады.

Қорытындылай келе, жеке білім беру траекториясы қазіргі заманғы сын-қатерлерге бейімделу құралы ғана емес, сонымен қатар білікті, ынталы және кәсіби сын-қатерлерге дайын мамандарды қалыптастыруға ықпал ететін қуатты механизм екенін атап өтуге болады. ІОТ енгізу кешенді тәсілді қажет етеді, бірақ зерттеу нәтижесінде алынған нәтижелер мұндай күш-жігердің негізделген және перспективалы екенін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Шапошникова, Н.Ю. Индивидуальная образовательная траектория студента: анализ трактовок понятия [Текст] / Н.Ю. Шапошникова // Педагогическое образование в России. – 2019. – №5. – С. 1-6.
2. Шармина, Т.Н. Опыт обучения математике в условиях реализации индивидуальных образовательных траекторий студентов [Текст] / Т.Н. Шармина, В.Г. Шармин //Общество: социология, психология, педагогика. – 2020. – №1. – С. 1-5.
3. Даливеля, О.В. Электронные образовательные ресурсы как средство обучения школьным предметам детей с особыми образовательными потребностями [Текст] / О.В. Даливеля, В.Э. Гаманович //Специальное образование. – 2020. – №XII. – С. 114-117.
4. Сафронова, И.В. Индивидуализация образовательного процесса на основе построения индивидуального образовательного маршрута [Текст] / И.В. Сафронова //Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2021. – №1. – С. 21-26.
5. Жданко, Т.А. Проектирование индивидуальных образовательных маршрутов (ИОМ) студентов в вузе [Текст] / Т.А. Жданко, Т.В. Живокоренцева, О.Ф. Чупрова //Magister Dixit. – 2021. – №1 (13). – С. 14-19.

Материал редакцияға 21.01.25 түсті, 14.03.25 қабылданды.

Д. Султанбекулы[1], В.В. Науменко[1]

[1]Университет «Туран», г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ В ОБУЧЕНИИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Аннотация. В статье рассматривается концепция индивидуальной образовательной траектории (ИОТ) как инновационного подхода в подготовке ИТ-

специалистов. Описаны особенности проектирования и реализации ИОТ в условиях современных образовательных технологий, преимущества применения данного подхода в профессиональной подготовке. Особое внимание уделено роли модульных программ, цифровых платформ и системы наставничества. Рассматриваются ключевые аспекты, обеспечивающие гибкость и вариативность образовательного процесса, а также вызовы и перспективы внедрения ИОТ в образовательную практику.

Ключевые слова: индивидуальная образовательная траектория, ИТ-специалисты, профессиональная подготовка, модульные программы, цифровые платформы, наставничество, гибкость обучения.

D. Sultanbekuly[1], V.V. Naumenko[1]

[1]Turan University, Almaty, Kazakhstan

INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY APPLICATION IN THE TRAINING OF IT SPECIALISTS

Abstract. The article discusses the concept of an individual educational trajectory (IET) as an innovative approach in training IT specialists. The features of the IET design and implementation in the context of modern educational technologies, the advantages of using this approach in professional training are described. Special attention is paid to the role of modular programs, digital platforms and mentoring systems. The key aspects that ensure the flexibility and variability of the educational process, as well as the challenges and prospects of introducing IET into educational practice, are considered.

Keywords: individual educational trajectory, IT specialists, professional training, modular programs, digital platforms, mentoring, learning flexibility.

References

1. Shaposhnikova N.YU. Individual'naya obrazovatel'naya trayektoriya studenta: analiz traktovok ponyatiya [Individual educational trajectory of a student: analysis of interpretations of the concept] // Pedagogical education in Russia. – 2019. – No.5. – P. 1-6. [in Russian].
2. Sharmina T.N., Sharmin V.G. Opyt obucheniya matematike v usloviyakh realizatsii individual'nykh obrazovatel'nykh trayektoriy studentov [Experience of teaching mathematics in the context of implementing individual educational trajectories of students] //Society: sociology, psychology, pedagogy. – 2020. – No.1. – P. 1-5. [in Russian].
3. Dalivelya O.V., Gamanovich V.E. Elektronnyye obrazovatel'nyye resursy kak sredstvo obucheniya shkol'nym predmetam detey s osobymi obrazovatel'nymi potrebnostyami [Electronic educational resources as a means of teaching school subjects to children with special educational needs] //Special education. – 2020. – No.XII. – P. 114-117. [in Russian].
4. Safronova, I.V. Individualizatsiya obrazovatel'nogo protsessa na osnove postroyeniya individual'nogo obrazovatel'nogo marshruta [Individualization of the educational process based on the construction of an individual educational route] //Fundamental and applied research: problems and results. – 2021. – No.1. – P. 21-26. [in Russian].
5. Zhdanko T.A., Zhivokorentseva T.V., Chuprova O.F. Proyektirovaniye individual'nykh obrazovatel'nykh marshrutov (IOM) studentov v vuze [Design of individual educational routes (IER) of students at the university] //Magister Dixit. – 2021. – No.1 (13). – P. 14-19[in Russian].

МРНТИ 50.53.17

С.С. Кудрявцев[1] – *основной автор*,
П.В. Емелин[2], В.Н. Козлов[3],
М.Г. Кожанов[4], А.Д. Нургалиева[5], А.А. Рахимберлина[6]

©

[1]Канд. биол. наук, доцент, [2]Д-р техн. наук, [3]Д-р биол. наук, профессор, [4]Магистр, [5]Канд. техн. наук, [6]Докторант

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-7232-6304 [2]https://orcid.org/0000-0001-7431-0069
[3]https://orcid.org/0000-0002-8935-298X [4]https://orcid.org/0000-0002-5310-9953
[5]https://orcid.org/0000-0003-3382-4463 [6]https://orcid.org/0000-0002-5310-5944

[1,4,5,6]Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан
[2]ТОО «НАКС ГАЦ», г. Караганда, Казахстан
[3]Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Башкирский институт технологий и управления (филиал), г. Мелеуз, Российская Федерация

@ *[1]sk74_07@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LSBT1979

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация. В настоящее время рынок программных продуктов представлен огромным разнообразием автоматизированных информационных систем для проведения исследований в области промышленной безопасности и охраны труда. Применение информационно-аналитических систем позволяет своевременно принимать управленческие решения, направленные на снижение риска аварий на предприятиях и эффективно осуществлять обратную связь с работниками служб охраны труда предприятий.

Однако слабой стороной большинства из них является то, что в них, как правило, не полностью учитываются все составляющие системы управления промышленной безопасностью исследуемых объектов. Кроме того, уровень развития промышленности, особенности технологических процессов и применяемые на производствах опасные вещества и материалы не всегда могут быть оценены в полном объеме при общем анализе состояния промышленной безопасности и охраны труда на промышленном объекте. Это является причиной острой необходимости постоянного совершенствования как действующих, так и разработки новых информационно-аналитических систем.

Целью статьи является оценка существующих на рынке автоматизированных информационных систем в области промышленной безопасности и охраны труда как в Республике Казахстан, так и в целом в мире.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, оценка риска, база данных, кластер критериальных параметров, охрана труда, промышленная безопасность, техногенная чрезвычайная ситуация.

Кудрявцев, С.С. Современные тренды в разработке автоматизированных информационных систем по оценке риска аварий, производственного травматизма и профессиональных заболеваний [Текст] / С.С. Кудрявцев, П.В. Емелин, В.Н. Козлов, М.Г. Кожанов, А.Д. Нургалиева, А.А. Рахимберлина //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.520-530. https://doi.org/10.55956/LSBT1979

Введение. Для осуществления эффективного государственного контроля в области промышленной безопасности и охраны труда необходимо применение и совершенствование информационных систем, позволяющих оперативно управлять и разрабатывать мероприятия по прогнозированию и предупреждению последствий аварий и инцидентов на промышленных предприятиях Республики Казахстан [1-3].

Автоматизированные информационные системы (АИС), которые используются для управления промышленной безопасностью и охраной труда, в отличие от других видов информационных систем, имеют ряд особенностей, обусловленных их особым назначением, условиями эксплуатации, спецификой обрабатываемой в них информации и требованиями, предъявляемыми к их функционалу. Одной из особенностей этих систем является то, что с их помощью в автоматическом, либо полуавтоматическом, режиме в реальном времени можно производить управление и оценку физическими процессами и подсистемами, от которых непосредственно зависит как безопасность производства, так и жизнедеятельность работающего на предприятии персонала.

Целью статьи является оценка существующих на рынке автоматизированных информационных систем в области промышленной безопасности и охраны труда как в Республике Казахстан, так и в целом в мире. Анализ сильных и слабых сторон данного рода программных продуктов позволит определить направления дальнейших исследований в данном направлении.

Обсуждение результатов научных исследований. Наиболее совершенные автоматизированные информационные системы выполняют несколько процессов: от сбора, хранения и систематизации данных, проведения расчета различных показателей системы промышленной безопасности предприятия, их анализа и, наконец, распространения итоговой информации среди всех заинтересованных сторон. Выходная информация данных систем позволяет производить критический анализ существующих систем управления потенциально опасными ситуациями, оценку индекса опасности.

Разработка и внедрение информационно-аналитических систем, как правило, ориентированы на следующие приоритеты:

– -удобство для пользователя, которому при разработке системы уделяется особое внимание. Везде, где это возможно, используются визуальные элементы, доступны всесторонние интерфейсы ввода и обновления данных, а количество полей данных сводится к минимуму, чтобы избежать дублирования или избыточного ввода данных. Проверка данных на стороне клиента применяется перед отправкой данных на сервер, чтобы предотвратить ненужную передачу данных;

– доступность: система должна быть доступна широкому кругу пользователей, включая операторов промышленных объектов, представителей государственных надзорных органов и частных

пользователей. Для этой цели используется веб-дизайн, способный к многопользовательской аутентификации и авторизации. В соответствии с философией открытого доступа и открытого контента, всё содержимое информационной системы становится общедоступным, а пользователям предоставляются средства ввода и обновления данных для совместного использования информации;

– интеграция: система представляет собой интегрированную структуру, которая объединяет в себе множество аспектов промышленных аварий. По сценариям аварий и результатам моделирования возможности систем возможно оценить и проанализировать аварии, произошедшие в прошлом, и их неблагоприятные последствия для здоровья человека и окружающей среды, текущее состояние промышленных объектов с точки зрения аварийности, а также риски, возникающие в связи с вероятными авариями в будущем;

– многоязычная поддержка. Важной особенностью системы поддержки принятия решений является поддержка нескольких языков. Не только пользовательский интерфейс может отображаться на разных языках, но и база данных во многих программах имеет возможность одновременной поддержки нескольких языков, т.е. данные могут храниться на разных языках. Важным результатом многоязычной поддержки является возможность создавать отчеты на разных языках без путаницы и дополнительных требований к работе;

– поддержка принятия решений. Информационная система включает в себя несколько инструментов автоматизации, анализа и поддержки принятия решений, чтобы помочь пользователям в исследованиях, связанных с промышленными авариями.

Одной из основных функциональных задач, которые должны решать данные автоматизированные информационные системы является проведение постоянного мониторинга «климата безопасности» в рамках концепции управления безопасностью на рабочих местах [4]. Необходимо отметить, что такие программные продукты должны иметь возможность многоуровневого использования в зависимости от уровня полномочий и агрегирования [5].

В настоящее время существует множество автоматизированных информационных систем, выполняющих однотипные задачи и позволяющих пользователю упростить оборот документов в области промышленной безопасности и безопасности труда [6]. К таковым можно отнести следующие программные продукты:

– FaceUp – комплексная платформа для информирования о нарушениях, которая помогает в управлении безопасностью. Программное обеспечение имеет богатый набор функций, включая настраиваемую форму отчетности и расширенное управление отчетами, которые доступны на 113 языках. Она сертифицирована по стандарту ISO 27001. Данной платформой пользуются около 2700 организаций с различным профилем работы по всему миру;

– Autodesk Construction Cloud – программное обеспечение для управления безопасностью, предназначенное для помощи строительным предприятиям в отслеживании и управлении проблемами качества и безопасности;

– SiteDocs – программное обеспечение для обеспечения безопасности с аналитическим блоком, механизмом интеграции и автоматизации и чатом в

приложении. В SiteDocs имеется настраиваемый конструктор форм, библиотека документов в формате PDF, управление сертификацией работников, автономный режим и многое другое;

– SafetyCulture (iAuditor) программное обеспечение, позволяющее оптимизировать и автоматизировать процессы управления безопасностью, такие как отчеты об инцидентах, обучение и соблюдение нормативных требований. Эти сведения используются для определения и отслеживания ключевых показателей эффективности (KPI) показателей безопасности. Функции данного программного обеспечения применимы во всех отраслях, его возможности полезны для различных секторов, а его настройки позволяют идеально адаптироваться как для малых, так и для крупных предприятий. Кроме того, SafetyCulture предлагает готовые к использованию шаблоны, которые стимулируют организации к проведению мероприятий в области промышленной безопасности и охраны труда;

– GoCanvas Safety – программный продукт, позволяющий оценивать действующую систему управления охраной труда на предприятии и создавать полные информационные отчеты;

– GoForm создает цифровую форму безопасности. Позволяет производить ввод изображений, GPS, электронных подписей, при необходимости в онлайн режиме автоматически направляет свои цифровые формы клиентам и подключенным системам;

– KPA EHS (ранее iScout) – это облачная программная платформа для управления безопасностью, предназначенная для помощи организациям в разработке и внедрении комплексной программы безопасности, принятии решений на основе данных и проведении в режиме реального времени мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников и соответствия требованиям безопасности;

– Cority – программное решение для охраны труда и техники безопасности, позволяющее эффективно управлять рисками и соблюдать нормативные требования. Cority считается идеальным для крупных организаций, работающих в таких отраслях, как производство, энергетика, фармацевтика, аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и здравоохранение;

– Mango – программный продукт, который помогает контролировать и поддерживать все аспекты системы управления качеством, здоровьем и безопасностью; в том числе: политики, процедуры и формы (с контролем документов из одного источника); несчастные случаи и инциденты; аудиты/инспекции; управление опасностями и рисками; и управление людьми (компетенции и обучение);

– EHS – комплексная и интегрированная облачная платформа для защиты окружающей среды, здоровья и безопасности. EHS выполняет следующие функции: расследование инцидентов и управление изменениями, отчетность о промахах и корректирующих действиях, формы проверки, онлайн обучение;

– Safesite – мощное и простое в использовании решение для управления безопасностью. Используется более чем 18 000 компаний всех размеров и отраслей. Safesite помогает компаниям систематизировать результаты проведённых исследований в области промышленной безопасности и охраны труда и демонстрировать показатели безопасности.

Продолжительное время в США используется компьютерная программа HAZUS-MH (HAZards US-Multi Hazard) [7], которая изначально была создана для моделирования возможных последствий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного происхождения таких как землетрясения, наводнения и ураганы. HAZUS-MH использует GIS-технологии для анализа и отображения информации об оценке причинённого ущерба и экономических потерь, связанных с разрушением зданий и инфраструктуры.

Однако система HAZUS-MH может быть использована для проведения оценки и анализа эффективности разработанных мероприятий, направленных на снижение последствий опасностей, подготовки к чрезвычайным ситуациям и восстановлению повреждённой инфраструктуры после ЧС.

В большинстве стран Европейского союза эффективно используется Система отчетности о крупных авариях ЕС (EU Major Accident Reporting System – MARS). MARS – это информационная система, которая была создана в 1984 г. для обработки информации о крупных промышленных авариях, представляемой государствами-членами в Европейскую комиссию в соответствии с положениями Директив Севезо. Системой управляет Бюро по опасностям крупных аварий (MAHB), которое связано с Объединенным исследовательским центром ЕС. Помимо государств-членов ЕС, база данных также используется странами ОЭСР в рамках Программы химических аварий и странами, подписавшими Конвенцию ЕЭК ООН о трансграничном воздействии промышленных аварий (TEIA), для отчетности промышленных аварий в стандартном формате MARS и для обмена информацией на этой основе. Система включает в себя как профили аварий, представляющие собой краткие отчеты, предназначенные для немедленного оповещения о происшествии, так и полные отчеты, представляющие собой комплексные отчеты, подготовленные при расследовании аварий и содержащие подробную информацию о самой аварии, её причинах и последствиях. Отчеты об авариях сначала подаются в локальную базу данных компетентными органами каждой страны, затем они передаются в центральную систему. Критерии уведомления, определяющие, какие аварии должны быть представлены в систему, перечислены в Директиве 96/82/EC [8]. К кратким описаниям аварий можно получить публичный доступ через Интернет, тогда как подробные отчеты открыты только для авторизованных пользователей.

MARS содержит отчеты о химических авариях и опасных происшествиях, предоставленные в Бюро по крупным авариям и опасностям Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии из стран ЕС, ОЭСР и ЕЭК ООН (в соответствии с Конвенцией TEIA). Сообщение о событии в базе данных eMARS является обязательным для государств-членов ЕС, если задействован химически опасный объект (ХОО) и событие соответствует критериям «крупной аварии», как определено в Приложении VI к Директиве Seveso III (2012/18/EU). Для стран, не входящих в ЕС, ОЭСР и ЕЭК ООН, отчетность об авариях в базе данных eMARS является добровольной. Информация о зарегистрированном событии вводится в eMARS непосредственно официальным отчетным органом страны, в которой произошло происшествие. [8].

С 1988 г. Центр исследований эпидемиологии бедствий (CRED) при Католическом университете Лувена, Бельгия, ведет базу данных о чрезвычайных ситуациях (Emergency Events Database – EM-DAT). EM-DAT, которая является одним из самых обширных источников информации о техногенных катастрофах, была создана при первоначальной поддержке ВОЗ

и правительства Бельгии, а также при поддержке Управления США по оказанию помощи при стихийных бедствиях (OFDA). Основная цель базы данных – служить целям гуманитарной деятельности на национальном и международном уровнях. EM-DAT содержит важные основные данные о возникновении и последствиях около 20000 массовых бедствий в мире с 1900 года по настоящее время и регулярно обновляется.

База содержит информацию о множестве типов ЧС и обладает широким географическим охватом. Доступная информация классифицируется по стране, дате, типу ЧС, количеству погибших, раненых, оставшихся без крова, пострадавших (нуждающихся в экстренной помощи, эвакуации и т.п.) лиц и сумме ущерба. База данных EM-DAT классифицирует ЧС на природные и техногенные. Техногенные катастрофы дополнительно подразделяются на три подкласса: аварии промышленного происхождения или с участием промышленных установок (промышленные аварии), аварии с участием механизированных видов транспорта (транспортные аварии), техногенные аварии непроизводственного или транспортного характера (прочие аварии) [9].

Для того чтобы ЧС была занесена в базу данных, должно быть выполнено хотя бы одно из следующих четырех условий:

- сообщается о гибели ≥ 10 человек;
- сообщается о поражении ≥ 100 человек;
- был призыв к международной помощи;
- было объявлено чрезвычайное положение.

Следует отметить, что некоторые ЧС, приведённые в EM-DAT не всегда соответствуют классификации, принятой в Республике Казахстан. Так, столкновение двух морских танкеров классифицируется как производственная, а не транспортная авария.

База данных «Осведомленность и готовность к чрезвычайным ситуациям на местном уровне (Awareness and Preparedness for Emergencies at a Local Level – APELL)» была разработана Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) совместно с правительствами стран и представителями промышленности. Данная программа направлена на минимизацию возникновения и вредных последствий техногенных аварий и чрезвычайных экологических ситуаций [10]. В рамках программы подготовлена база данных техногенных аварий с участием опасных химических веществ [10]. Источником базы данных является список, составленный ОЭСР, в который включены техногенные катастрофы за 1970-1989 годы [10]. Используя несколько источников данных, ЮНЕП отредактировала первоначальный список и расширила его, включив в него период 1990-1998 гг. Последняя версия списка включает информацию о 316 авариях, произошедших по всему миру.

В перечень включены все виды техногенных аварий, кроме разливов нефти с судов, аварий на шахтах, умышленного уничтожения водного или воздушного транспорта и аварий, вызванных некачественной продукцией. Критерии включения в базу данных следующие [10]:

- ≥ 25 погибших;
- ≥ 125 раненых;
- ≥ 10000 эвакуированных;
- ≥ 10000 лишенных воды.

Подобно базе данных EM-DAT, база данных APELL также содержит очень краткие данные об авариях. Вместе с этим, в ней доступна информация о типе аварии (например, BLEVE, огненный шар, неконтролируемая реакция), отрасли (например, общее химическое производство, производство фейерверков) и названии химического вещества, причастного к аварии.

Система под названием Infor.Mo была разработана в рамках проекта, реализованного национальными и местными учреждениями Италии [11]. Система Infor.Mo включает в себя методологические и операционные инструменты, поскольку использует модель анализа критических факторов, способствовавших развитию травмоопасности, и программный инструмент для сбора и распространения информации, извлеченной из проанализированных данных. Система Infor.Mo включает в себя не только программный инструмент для сбора данных и многофакторную модель для выявления основных причин травм, но также представляет собой источник знаний для компаний, которые могут планировать инновационные профилактические мероприятия в сотрудничестве с местными властями.

В Российской Федерации разработана и функционирует вертикально-интегрированная автоматизированная информационно-аналитическая система сбора, хранения, обработки и анализа информации в области экологической и промышленной безопасности, охраны окружающей среды, производственного контроля, мониторинга объектов негативного воздействия, мониторинга зоны воздействия опасных объектов уровня хозяйствующего субъекта, органов управления, формирование федерального информационного ресурса (ПК «Русь», ПК ГИАС «Экобезопасность»).

Основным назначением данных программных продуктов является ведение баз данных по промышленной безопасности, формирование декларации промышленной безопасности, прогнозирование, расчет риска и ущерба при пожарах на опасных производственных объектах [12].

В настоящее время в Российской Федерации в рамках Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору «Ростехнадзор» [13] разрабатывается цифровая платформа АИС и инструменты взаимодействия с поднадзорными субъектами (личные кабинеты организаций), «электронный инспектор» (панель управления инспектора с актуальными данными по промышленной безопасности поднадзорных объектов), система дистанционного контроля состояния промышленной безопасности.

Как показывают результаты проведенного анализа, существует множество национальных, а также разработанных коммерческими структурами автоматизированных информационных систем для мониторинга и анализа травм на рабочем месте, однако организационные модели и модели оценки обычно в разных странах различаются. Различие между национальным законодательством и целью по повышению безопасности, которую должно достичь предприятие, используя ту или иную информационную систему, является одной из основных причин необходимости проведения адаптации существующих АИС.

В последние годы на многих предприятиях Казахстана внедряются автоматизированные системы управления безопасностью и охраной труда, ориентированные на требования государственных и международных стандартов. Данное обстоятельство объясняется тем, что, с одной стороны, руководство предприятия заинтересовано в уменьшении затрат, связанных с

охраной здоровья и безопасностью труда, а с другой – повышением эффективности производства.

Так, например, авторы С.А. Мажкенов и С.А. Далакян в своих работах [14,15] представляют программный комплекс «Автоматизированная система рисков» (АСАР), которая является основой системы управления безопасностью, охраной здоровья и окружающей среды» (СУ БОЗОС) АО «Азимут Энерджи Сервисез». Разработка и внедрение системы было начато ещё в 1990-х годах. Однако система АСАР не учитывает аварийные ситуации, возникшие в результате влияния природных факторов, и не определяет риск возникновения таких аварий на предприятиях, а также не позволяет достаточно оценить уровень опасности, имеющийся на предприятия.

В ДГП «КарНИИПБ» РГП «ННИЦ» МЧС РК (г. Караганда) в 2013 г. была разработана компьютерная система мониторинга классов опасности промышленных предприятий и оценки риска на основе многофакторного анализа данных по аварийности, производственному травматизму и профессиональной заболеваемости [16].

Многофакторные модели, представленные в данной АИС, позволяют оценить степень опасности возникновения аварий по множествам критериальных параметров, которые являются основой для оценки степени и уровня опасности производственных объектов. Данная разработка прошла успешную апробацию в условиях наиболее опасных промышленных предприятий горнодобывающей отрасли Республики Казахстан.

В 2011 г. в рамках единой информационной системы социально-трудовой сферы была начата разработка АИС «Охрана труда и безопасность». С 1 января 2013 г. АИС «Охрана труда и безопасность» внедрена в промышленную эксплуатацию. Основными целями АИС «Охрана труда и безопасность» является повышение эффективности выполнения контрольных функций государственных инспекторов труда, в том числе автоматизация их отчетности. В настоящее время проводятся работы по модификации АИС, которая позволит обеспечить упрощенный доступ госинспекторам труда местных исполнительных органов к информационной системе и получать необходимые и достоверные сведения в сжатые сроки. Модификация АИС позволит более эффективно управлять потоками информации, возникающей в процессе работы и интеграции с внешним информационным пространством.

В Карагандинском техническом университете им. Абылкаса Сагинова в 2023 г. был разработан программный продукт «Информационно-аналитическая система мониторинга и оценки риска возникновения несчастных случаев, профессиональных заболеваний и производственного травматизма на предприятиях с химически опасными объектами». Целью данной разработки является комплексный анализ и оценка состояния системы управления промышленной безопасностью и охраной труда на предприятиях с химически опасными объектами [17].

Данная АИС позволяет проводить оценку и делать выводы о состоянии работоспособности системы управления промышленной безопасностью на предприятиях с химически опасными объектами; оценивать и учитывать особенности технологических процессов производств ХОО предприятий; разрабатывать рекомендации и эффективные превентивные мероприятия, направленные на снижение рисков аварийности на ХОО, производственных травм и профессиональных заболеваний работников ХОО предприятий;

обеспечивать органы местной исполнительной власти достоверной информацией о текущем и ожидаемом состоянии безопасности труда на ХОО промышленных предприятий.

Заключение. Как видно из проведенного анализа, функционирующие автоматизированные информационные системы, как в нашей стране, так и за рубежом исследуют и анализируют различные аспекты оценки и управления рисками, ими решены многие теоретические и прикладные задачи. Вместе с тем, в реализованных АИС не нашли достаточного отражения методы оценки риска применительно к тем или иным специфическим видам деятельности, производственным ситуациям и факторам производственной среды, т.е. их охват данных аспектов, в некоторой степени, поверхностен. Также, нередко в них недостаточно приведены практические рекомендации о путях и способах повышения безопасности труда, снижения уровня риска и предотвращения возникновения аварийных ситуаций на производственных объектах.

Результаты проведенного анализа также показали, что на настоящий момент в Республике Казахстан разработки высокого уровня автоматизированных информационных систем по оценке и анализу производственного и профессионального рисков, на основе состояния ситуации на опасных производственных объектах, имеют несколько разрозненный характер, имеются разработки, выполненные в рамках той или иной отрасли.

Стоит отметить, что вопросу развития и совершенствования существующих и разработке новых автоматизированных информационных систем по оценке условий труда, риска производственных аварий и травматизма, профессиональных заболеваний в Республике Казахстан уделяется все больше внимание.

С целью совершенствования системы безопасности и охраны труда и предупреждения случаев производственного травматизма, профессиональных заболеваний и гибели людей на производстве необходимо дальнейшее проведение по данному направлению научных изысканий и исследований, что позволит создать более универсальные информационные системы для анализа и оценки риска аварий и потенциальных опасностей на производственных объектах.

Список литературы

1. Kudryavtsev S.S., Yemelin P.V., Yemelina N.K. The Development of a Risk Management System in the Field of Industrial Safety in the Republic of Kazakhstan. //Safety and Health at Work. – 2018. – Vol. 9. – No. 1. – P. 30-41.
2. Maussymbayeva A.D., Mindubaev A.B., Imanbaeva S.B., Portnov V.S., Rabatuly M. A force model of a sudden coal and gas outburst // Ugol. – 2024. – No.11. – P. 44-50.
3. Maussymbayeva A.D., Portnov V.S., Imanbaeva S.B., Rabatuly M., Rakhimova G.M. Influence of rock shear processes on the methane content of longwall faces // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2024. – No. 4. – P. 11-17.
4. Shea T., De Cieri H., Vu T., Pettit T. How is safety climate measured? A review and evaluation // Safety Science. – 2021. – Vol. 143. – P. 105413.
5. Hassel H., Cedergren A., Tehler H. Strategies for aggregating risk information in a societal safety context // Safety Science. – 2022. – Vol. 149. – P. 105691.
6. Capterra Inc. Safety Management Software [Electronic resource]. – Access mode: https://www.capterra.com/safety-management-software/. Date of access: 15.12.2024.

7. U.S. Department of Homeland Security. Hazus. [Electronic resource]. – Access mode: www.fema.gov/hazus. Date of access: 12.01.2025.
8. Council Directive. 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances // Official Journal of the European Communities. – 1997. – Vol. 10 (14).
9. UNEP. APELL Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: A Process for Responding to Technological Accidents. – Industry and Environment Office, United Nations Environment Programme, 1988.
10. OECD. The State of the Environment. – Washington, DC: OECD Publications and Information Center, 2001.
11. De Merich D., Gnoni M.G., Guglielmi A., Micheli C.J., Sala G., Tornese F., Vitrano G. Designing national systems to support the analysis and prevention of occupational fatal injuries: Evidence from Italy // Safety Science. – 2022. – Vol. 3. – P. 105615.
12. NPO Aviainstrument LLC. Software package PC Rus “Digital risk profile of a man-made impact object (technosphere)” [Electronic resource]. – Access mode: https://www.aieco.ru/programms_main.html. Date of access: 12.01.2025. [in Russian].
13. Executive Committee of the Commonwealth of Independent States. Interstate Council on Industrial Safety [Electronic resource]. – Access mode: https://cis.minsk.by/page/13838/mezgosudarstvennyj-sovet-po-promyslennoj-bezopasnosti-mspb. Date of access: 12.01.2025. [in Russian].
14. Mazhkenov S.A., Dalakyan S.A. Avtomatizirovannaya sistema analiza riskov [Automated risk analysis system] // Labor protection. Kazakhstan. – 2010. – No. 8 (56). – P. 58-66. [in Russian].
15. Mazhkenov S.A. Praktika vnedreniya mezhdunarodnykh standartov bezopasnosti truda i okhrany okruzhayushchey sredy v deyatel'nost' kazakhstanskikh kompaniy [Practice of implementing international labor safety and environmental protection standards in the activities of Kazakhstani companies] // Safety in industry. – 2004. – No. 3. – P. 18-24. [in Russian].
16. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S., Yemelina N.K. Information and Analytical System for Hazard Level Assessment and Forecasting Risk of Emergencies. // Acta Polytechnica. – 2019. – Vol. 59. – No. 2. – P. 182-191.
17. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S. Risk monitoring and assessment system for accidents, occupational diseases and work related injuries for enterprises with chemically hazardous sites // Acta Polytechnica Hungarica. – 2024. – No. 11. – P. 229-251.

Материал поступил в редакцию 24.01.25, принят 06.03.25.

С.С. Кудрявцев[1], П.В. Емелин[2], В.Н. Козлов[3],
М.Г. Кожанов[1], А.Д. Нургалиева[1], А.А. Рахимберлина[1]

[1]Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан
[2]«ДҰАК-БАО» ЖШС, Қарағанды қ., Қазақстан
[3]К.Г. Разумовский атындағы Мәскеу мемлекеттік технология және басқару университеті, Башқұрт технология және басқару институты (филиал), Мелеуз қ., Ресей Федерациясы

АПАТТАР, ӨНДІРІСТІК ЖАРАҚАТТАНУ ЖӘНЕ КӘСІПТІК АУРУЛАР ҚАУПІН БАҒАЛАУ БОЙЫНША АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ӘЗІРЛЕУДЕГІ ЗАМАНАУИ ТРЕНДТЕР

Аңдатпа. Қазіргі уақытта бағдарламалық өнімдер нарығы өнеркәсіптік қауіпсіздік пен еңбекті қорғау саласында зерттеулер жүргізуге арналған автоматтандырылған ақпараттық жүйелердің алуан түрлілігімен ұсынылған.

Ақпараттық-аналитикалық жүйелерді қолдану пайдаланушыларға кәсіпорындардағы апаттар қаупін азайтуға бағытталған басқару шешімдерін уақытылы қабылдауға және кәсіпорындардың еңбекті қорғау қызметтерінің қызметкерлерімен кері байланысты тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Алайда, олардың көпшілігінің әлсіз жағы – олар, әдетте, зерттелетін объектілердің өнеркәсіптік қауіпсіздігін басқару жүйесінің барлық компоненттерін толық есепке алмайды. Сонымен қатар, өнеркәсіптің даму деңгейін, технологиялық процестердің ерекшеліктерін және өндірістерде қолданылатын қауіпті заттар мен материалдарды өнеркәсіптік объектідегі өнеркәсіптік қауіпсіздік пен еңбекті қорғаудың жай-күйін толық көлемде және жалпы талдауда әрдайым бағалау мүмкін емес. Бұл қолданыстағы жүйелерді үнемі жетілдірудің және жаңа ақпараттық-аналитикалық жүйелерді дамытудың шұғыл қажеттілігінің себептері болып табылады.

Мақаланың мақсаты Қазақстан Республикасында да, жалпы әлемде де өнеркәсіптік қауіпсіздік және еңбекті қорғау саласындағы нарықта бар автоматтандырылған ақпараттық жүйелерді бағалау болып табылады.

Тірек сөздер: автоматтандырылған ақпараттық жүйе, тәуекелді бағалау, мәліметтер базасы, критериалды параметрлер кластері, еңбекті қорғау, өнеркәсіптік қауіпсіздік, техногендік төтенше жағдай.

S.S. Kudryavtsev[1], P.V. Yemelin[2], V.N. Kozlov[3], M.G. Kozhanov[1], A.D. Nurgalieva[1], A.A. Rakhimberlina[1]

[1]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]LLP "NAKS GAC", Karaganda, Kazakhstan
[3]K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, Bashkir Institute of Technology and Management (branch), Meleuz, Russian Federation

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS FOR ASSESSING THE RISK OF ACCIDENTS, WORK-RELATED INJURIES, AND OCCUPATIONAL DISEASES

Abstract. The software market today offers a wide variety of automated information systems designed for research in industrial safety and occupational health. These information and analytical systems enable users to make timely management decisions that help reduce the risk of workplace accidents while providing effective feedback to occupational safety service employees within enterprises.

However, a significant drawback of most existing systems is their inability to fully account for all components of industrial safety management at the facilities under review. Moreover, they often fall short in adequately assessing the level of industrial development, the specifics of technological processes, and the hazardous substances and materials used at production sites. This limitation affects the comprehensive analysis of industrial occupational safety at these sites. As a result, there is a pressing need to continuously improve existing systems and develop new information and analytical tools.

The purpose of this article is to evaluate the automated information systems currently available in the field of industrial safety and labor protection, both in the Republic of Kazakhstan and globally.

Keywords: automated information system, risk assessment, database, cluster of criterion parameters, occupational safety, industrial safety, man-made emergency.

МРНТИ 50.43.19

В. Войджик ©

PhD, доцент
https://orcid.org/0000-0002-0843-8053
Люблинский технологический университет,
г. Люблин, Польша
waldemar.wojcik@pollub.pl

https://doi.org/10.55956/OLZU4780

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В IP- И MPLS-СЕТЯХ

Аннотация. Эффективное развитие современных многофункциональных телекоммуникационных систем (ТКС), служащих фундаментом для сетей нового поколения (NGN), во многом определяется прогрессом в их системах управления. Важнейшими компонентами этих систем являются инструменты контроля за потоками данных – информационный ресурс, и механизмы распределения доступной пропускной способности каналов связи, представляющей собой канальный ресурс ТКС.

Ключевые слова: IP (Internet Protocol), MPLS (Multiprotocol Label Switching), мультисервисные сети, транспортные технологии, QoS, передача данных, инфраструктура сетей, сетевые протоколы.

Войджик, В. Математическое моделирование распределения информационных ресурсов в IP- и MPLS-сетях [Текст] / В. Войджик //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №1(87). – С.531-540. https://doi.org/10.55956/OLZU4780

Введение. В настоящее время телекоммуникационные сети (ТКС) сталкиваются с постоянно растущим спросом на инфокоммуникационные услуги. Это означает, что потребителям все больше требуются услуги связи, которые включают в себя автоматизированную обработку, хранение и предоставление информации по запросу, используя компьютерные технологии как для получения, так и для отправки данных.

Рост популярности сетевых приложений требует непрерывного развития телекоммуникаций и появления новых сервисов связи. Современные телекоммуникационные системы (ТКС) должны обеспечивать передачу разнообразной информации (голос, данные, видео, аудио) с синхронизацией в реальном времени и гарантированным качеством.

Вместо того, чтобы поддерживать отдельные сети для разных видов связи (данные, голос, видео), выгоднее создать единую, современную сеть, которая сможет предоставлять все эти услуги. Пользователи смогут получать доступ ко всему через одно универсальное устройство.

Особенности транспортных технологий в мультисервисных телекоммуникационных сетях. NGN – это пакетная сеть связи, предназначенная для предоставления широкого спектра

телекоммуникационных услуг. Она использует различные широкополосные технологии, гарантирует качество обслуживания и отделяет функции услуг от способа их передачи. NGN обеспечивает пользователям гибкий доступ к различным сетям, поставщикам услуг и самим услугам.

Эта сеть обеспечивает пользователям постоянный и повсеместный доступ к широкому спектру услуг, реализуя концепцию «4Any» (любая услуга, в любом месте, любым способом, в любое время). Благодаря этому, NGN является мультисервисной сетью, обладающей значительным потенциалом для расширения и привлечения новых клиентов за счет добавления новых сервисов.

Сеть NGN спроектирована для поддержки любого количества разнообразных сервисов, предлагая широкие возможности для их настройки, адаптации под конкретного пользователя и разработки новых. Это достигается за счет стандартизации сетевых решений. Благодаря многоуровневой архитектуре NGN, предоставляемые услуги и сервисы полностью отделены от используемой транспортной инфраструктуры, как логически, так и физически (Рис. 1). Для добавления нового сервиса достаточно просто подключить соответствующий сервер, который немедленно становится доступным всем пользователям сети благодаря универсальному транспортному уровню. Это требует создания универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, переноса функций предоставления услуг на периферию сети и обеспечения совместимости с существующими сетями связи.

Основой NGN является транспортный уровень, работающий по принципу пакетной коммутации. Этот уровень обеспечивает одинаковый способ передачи для всех видов информации, независимо от того, что это за информация и как она передается. Это означает, что в мультисервисной ТКС все телекоммуникационные услуги используют одну и ту же базовую архитектуру, которая и формирует функциональную схему NGN (Рис. 2).

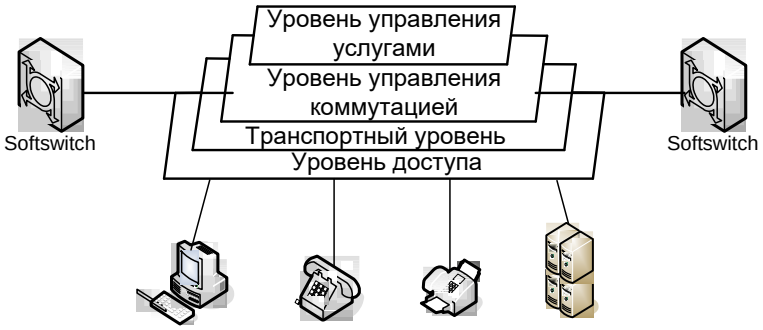


Рис. 1. Уровневая архитектура NGN

Сети NGN, возникшие в результате интеграции традиционных телефонных сетей и интернета, сочетают в себе преимущества обеих технологий:

– Гибкость в обработке различных типов данных. NGCN, подобно интернету, может передавать любые виды трафика, в отличие от традиционной телефонной сети (ТфОП), которая ограничена в этом плане.

– Надежность и качество. NGCN обеспечивает стабильное качество голосовой связи и надежную передачу данных для критически важных приложений, что сопоставимо с надежностью ТфОП, но превосходит нестабильное качество, характерное для интернета.

– Экономичность. Стоимость передачи единицы информации в NGCN приближается к низкой стоимости передачи данных в интернете, что делает ее более выгодной по сравнению с более дорогой ТфОП.

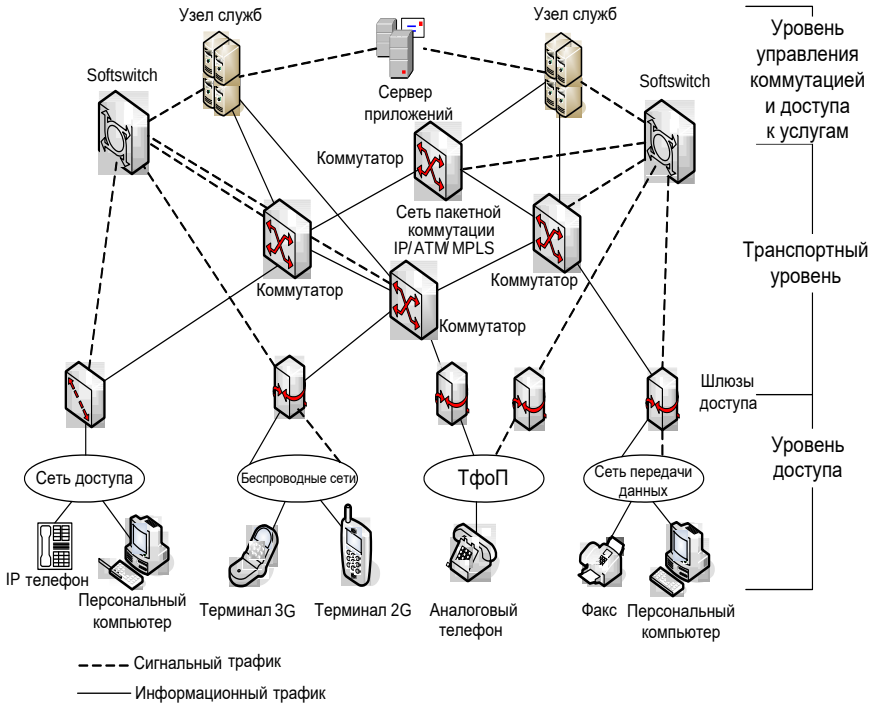


Рис. 2. Функциональная схема NGN

При проектировании мультисервисных сетей NGN остается нерешенным вопрос о выборе конкретной технологии пакетной передачи данных для транспортного уровня. Хотя IP, ATM и MPLS рассматриваются как потенциальные основы для этого уровня, окончательное решение о том, какую технологию или их комбинацию использовать, остается на усмотрение разработчиков и носит рекомендательный характер. Транспортный уровень сети NGN, использующий IP-протокол и ATM-технологию, характеризуется тем, что IP (RFC 791) обеспечивает негарантированную передачу данных. IP-протокол, работающий на третьем уровне модели OSI, разбивает данные на пакеты и отправляет их между узлами сети, но не гарантирует их надежную доставку. Это означает, что пакеты могут быть доставлены в неправильном порядке, продублированы, повреждены или потеряны. Гарантии надежной доставки обеспечиваются протоколами транспортного уровня (например, TCP), которые используют IP в качестве транспортного механизма. В стандартной IP-сети нет гарантии, что ваши данные будут доставлены вовремя и с нужным качеством. Это связано с тем, что она плохо поддерживает QoS (качество обслуживания) и не позволяет заранее зарезервировать необходимые ресурсы сети. Хотя IP-протокол и пытается расставлять приоритеты и управлять потоками данных, он делает это

превентивно, что не всегда эффективно в условиях разного трафика и размеров пакетов. В последнее время популярной стала стратегия DiffServ, которая использует поле TOS в IP-пакетах для определения приоритета обслуживания. DiffServ маркирует пакеты пользователей в зависимости от класса обслуживания, к которому они относятся. Фильтрация и маркировка происходят на границе между сетями клиента и провайдера, а внутри сети провайдера трафик обрабатывается по этим классам.

Эта модель относительно несложная. Входящие в сеть пакеты анализируются и, если нужно, обрабатываются на входе для приведения к определенным стандартам. Затем каждому пакету присваивается метка, указывающая на его принадлежность к определенному классу обслуживания (агрегатору поведения). Эта метка, называемая DSCP, вставляется в заголовок IP-пакета. Обращение с пакетом внутри сети DS зависит от типа локального поведения (PHB), который определяется значением DSCP. Другими словами, каждый маршрутизатор обрабатывает пакет в зависимости от его DSCP, определяя, как этот пакет будет отправлен дальше по сети.

Отличительные признаки MPLS. MPLS работает, используя метки для пересылки пакетов [7]. Каждый пакет относится к определенному классу пересылки (FEC), и этому классу присваивается уникальная метка. Эта метка значима только между двумя соседними MPLS-маршрутизаторами (LSR). Метка добавляется к пакету, и способ добавления зависит от используемой технологии канального уровня.

Сеть MPLS состоит из двух основных частей: ядра и границы (Рис. 3). Ядро отвечает за быструю передачу данных, используя только коммутацию MPLS. Граница сети выполняет более сложные задачи, такие как определение маршрута для каждого пакета, фильтрация и управление трафиком. Такое разделение позволяет оптимизировать работу сети: граница выполняет сложные вычисления, а ядро обеспечивает высокую скорость передачи.

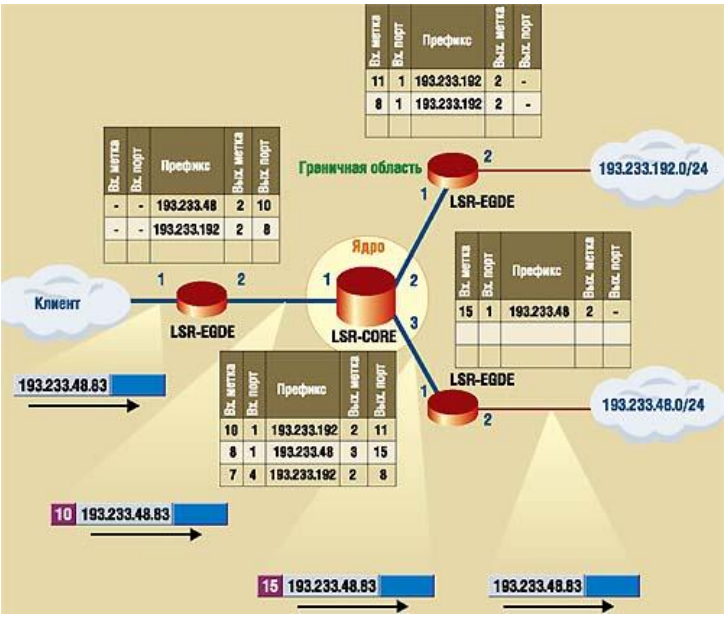


Рис. 3. Структура MPLS сети

Основная идея MPLS заключается в том, что маршрутизация пакетов происходит не на основе анализа IP-адресов, а по заранее определенным меткам. Это позволяет создавать маршруты, которые отличаются от стандартных IP-маршрутов.

Обсуждение результатов научных исследований. *Использование математических моделей для достижения баланса в распределении информации в сетях, использующих протоколы IP и MPLS.* Современные мультисервисные телекоммуникационные сети нового поколения (ТКС) в основном используют протоколы и алгоритмы динамической маршрутизации для управления сетевыми ресурсами. Эти инструменты позволяют эффективно распределять пользовательский трафик и ресурсы каналов связи на сетевом уровне, обеспечивая требуемое качество обслуживания (QoS).

Протокол RIP (Routing Information Protocol) – один из самых распространенных дистанционно-векторных протоколов маршрутизации. Он определяет оптимальный маршрут, опираясь на простую метрику – число хопов (переходов между устройствами). Однако, эта простота является и его ограничением: RIP не подходит для крупных сетей, поскольку допускает не более 15 хопов. Кроме того, периодические обновления маршрутных таблиц, независимо от необходимости, приводят к избыточному трафику, который может перегружать каналы с низкой пропускной способностью [3].

Протокол маршрутизации IGRP применяет составную метрику для оценки маршрутов, включающую в себя компоненты, отражающие задержку в сети, пропускную способность канала, надежность соединения и уровень загрузки тракта передачи данных. Общая метрика формируется на основе следующего расчета:

$$Metr = [K_1 \cdot C + K_2 \cdot D] + K_3 \cdot (256 - L) \cdot (R + K_4), \quad (1)$$

где C – ПС; D – задержка передачи; L – загрузка тракта передачи; R – надежность.

В отличие от RIP, протокол IGRP использует для расчета маршрутов более гибкую систему. Композитная метрика IGRP формируется на основе нескольких параметров (надежность, нагрузка, пропускная способность и задержка), каждый из которых имеет широкий диапазон значений. Администратор может настраивать весовые коэффициенты этих параметров, что позволяет точно оптимизировать маршрутизацию в сетях с разнообразными характеристиками производительности.

Гибкость IGRP расширяется за счет поддержки многопутевой маршрутизации, позволяющей балансировать нагрузку как по маршрутам с равной, так и с неравной стоимостью [1]. Доля трафика, направляемого по маршруту с неравной стоимостью, напрямую зависит от его композитной метрики (Уравнение 1). Решение о применении многопутевой маршрутизации в IGRP обычно основывается на заданном администратором пороге дисперсии, определяющем допустимое отклонение метрик альтернативных маршрутов от метрики оптимального маршрута.

В технологии ATM (как описано в RFC 2386) также применяются протоколы, отслеживающие состояние каналов. Их основная задача – обеспечить гарантированное качество обслуживания (QoS) для постоянных и коммутируемых соединений. Самым популярным протоколом маршрутизации в сетях ATM является PNNI (определенный в спецификации

ATM Forum af-pnni-055.000). Этот протокол регламентирует обмен информацией, необходимой для создания распределенной топологической карты сети [12]. На основе этой карты выбирается оптимальный маршрут для передачи данных между отправителем и получателем. После выбора маршрута устанавливается постоянное или коммутируемое виртуальное соединение, поддерживающее заданный уровень QoS. Это достигается за счет использования композитной метрики, учитывающей QoS, которая включает в себя следующие параметры:

1. Скорость передачи данных, которая в данный момент свободна и может быть использована.
2. Наивысшая скорость, с которой данные могут быть переданы по определенному маршруту.
3. Наивысшая скорость, с которой данные могут быть переданы по определенному маршруту.
4. Значение, присваиваемое маршруту или каналу, отражающее его приоритет или стоимость использования с точки зрения администратора сети.
5. Доля потерянных ячеек данных от общего числа переданных ячеек.
6. Изменение времени задержки при передаче данных по определенному маршруту.

Многопутевые алгоритмы маршрутизации стремятся определить несколько оптимальных (кратчайших) путей в графе, представляющем сеть.

$$S_j^i = \{ k \in M^i \mid D_{jk}^i < D_j^i \}, \tag{2}$$

где S_j^i – множество вариантов передачи пакетов от узла i к узлу j; M^i – множество узлов-соседей i-му узлу; D_j^i – кратчайшие пути от узла i к узлу j; D_{jk}^i – локальная величина дерева кратчайших путей от узла i к узлу k.

Изучение применяемых математических моделей для управления маршрутами и распределения информационных ресурсов в телекоммуникационных системах. Вероятностно-временные графы (ВВГ) [11] являются распространенным математическим инструментом для разработки аналитических моделей, описывающих процессы управления сетевыми ресурсами. ВВГ представляют собой ориентированные графы, где вершины соответствуют различным состояниям системы, подлежащей моделированию.

Граф представлен набором дуг (P_{ij}, t_{ij}), каждая из которых характеризуется вероятностью выбора ij (P_{ij})и временем прохождения (t_{ij}). Для анализа траекторий системы, переходящей из начального состояния в конечное, используется функция дуги. Эта функция должна обеспечивать, чтобы при вычислении произведения функций для последовательности дуг $f_{ij}(P_{ij}, t_{ij})$, вероятности перемножались, а времена суммировались. Функция вида $f_{ij}(P_{ij}, t_{ij}) = P_{ij}\, z^{tij}$), удовлетворяет этим требованиям, где z – параметр.

В результате, процесс изменения состояний моделируемой системы можно описать следующей функцией:

$$f_{1,..k}(z) = \prod_{i=1}^{k} P_{i,i+1} z^{t_{i,i+1}} \tag{4}$$

Функция (4) предоставляет возможность вычислять вероятности и длительности переходов между различными состояниями протокола. Для облегчения расчета производящей функции используется упрощение графа состояний. Это упрощение достигается путем удаления промежуточных состояний и соответствующей корректировки функций, описывающих переходы между оставшимися состояниями.

Эквивалентные преобразования продолжаются до тех пор, пока не будет получена производящая функция, позволяющая напрямую вычислить вероятность перехода из начальной вершины графа в конечную. Преобразования завершаются, когда граф упрощен до такой степени, что содержит только вершины, представляющие начальные и конечные состояния моделируемой системы [4].

Аппарат ВВГ позволяет оценить ключевые параметры системы управления.

Среднее время выполнения процесса управления ($T_{ñò}$) – это ожидаемое время, необходимое для завершения процесса управления.

Дисперсия времени выполнения (D_{Tcp}) – эта величина характеризует разброс времени выполнения процесса управления относительно среднего значения. Она показывает, насколько сильно время выполнения может отклоняться от среднего.

Вероятность достижения заданной вершины ($Ð_{êâò}$) – это вероятность того, что процесс управления достигнет конкретной точки (вершины) в графе.

$$
\begin{aligned}
T_{ñò} &= \frac{dF(z)}{dz}\Big|_{z=1} \\
D_{Tcp} &= \frac{d^2F(z)}{dz^2}\Big|_{z=1} + \frac{dF(z)}{dz}\Big|_{z=1} - \Big(\frac{dF(z)}{dz}\Big|_{z=1}\Big)^2 \\
Ð_{êâò} &= F(z)\Big|_{z=1}.
\end{aligned}
\tag{5}
$$

Модель «ВВГ» представляет собой полезный инструмент для имитации управления сетевыми ресурсами, принимая во внимание воздействие внешних факторов. Тем не менее, этот математический подход не лишен определенных ограничений [13].

Эта аналитическая модель ограничена в своих возможностях и предоставляет информацию только о вероятности и времени наступления определенного события, а также о степени их изменчивости [12].

Методология ВВГ не подходит для адекватного моделирования динамических процессов в управляемой системе, особенно когда требуется одновременное обеспечение мультисервисности и гарантированного качества обслуживания по нескольким параметрам.

Для сложных систем управления аналитические модели становятся слишком сложными и трудными для оптимизации.

Заключение. Многопутевая маршрутизация становится действенным решением для баланса между необходимостью гарантировать высокое качество обслуживания и оптимальной загрузкой ресурсов телекоммуникационной системы (ТКС). Этот метод позволяет пакетам одного потока данных передаваться по нескольким маршрутам

одновременно, что способствует равномерному распределению нагрузки и улучшению, в первую очередь, скоростных характеристик и временных показателей качества обслуживания. К многопутевой маршрутизации предъявляются два типа требований. Первая группа включает в себя стандартные для всех алгоритмов маршрутизации: низкую вычислительную нагрузку, оперативную сходимость и минимальное количество служебных сообщений.

Вторая группа требований связана с обеспечением стабильно высокого качества обслуживания и равномерного распределения нагрузки в телекоммуникационной сети. Для этого используются методы управления трафиком, такие как маршрутизация с учетом качества обслуживания (QoS) и балансировка нагрузки. Однако эти требования часто противоречат друг другу. Поэтому сейчас активно разрабатываются различные подходы к многопутевой маршрутизации, которые используют математические модели и алгоритмы для решения сложных задач оптимизации.

Список литературы

1. Гургенидзе, А.Т. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа [Текст] / А.Т. Гургенидзе, В.И. Кореш. – С-Пб.: Наука и техника, 2006. – 400 с.
2. Гольдштейн Б.С. Проблемы перехода к мультисервисным сетям [Текст] / Б.С. Гольдштейн // Вестник связи. – 2007. – № 12. – С 26-31.
3. Шварцман В.О. Качество услуг сетей следующего поколения [Текст] / В.О. Шварцман // Электросвязь. – 2006. – №3. – С. 26-31.
4. Вегешна, Ш. Качество обслуживания в сетях IP [Текст] / Ш. Вегешна. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 386 с.
5. Денисова, Т.Б. Мультисервисные АТМ сети [Текст] / Т.Б. Денисова, Б.Я. Лихтциндер, А.Н. Назаров, М.В. Симонов, С.М. Фомичев. – М.: Эко Трендз, 2007. – 320 с.
6. Назаров, А.Н. АТМ: Принципы и технические решения создания сетей [Текст] / А.Н. Назаров, И.А. Разживин, М.В. Симонов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 408 с.
7. Кучерявый, Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет [Текст] / Е.А. Кучерявый. – М.: Наука и Техника, 2007. – 336 с.
8. Лемешко О.В. Модель динамічного балансування мережних ресурсів у телекомунікаційній мережі [Текст] / О.В. Лемешко, О.Ю. Эвсеэва, Д.В. Симоненко // Системи обробки інформації. – 2008. – № 5(72). – С.71-74.
9. Безрук В.М. Методы многокритериальной оптимизации в задачах проектирования телекоммуникационных систем [Текст] / В.М. Безрук, О.А. Колесников, И.В. Свид, И.В. Корсун // Комп'ютерні технології друкарства. – 2006. – № 14. – С. 166-190.
10. Wang Y., Wang Z. Explicit routing algorithms for Internet Traffic Engineering // Proc. of 8th International Conference on Computer Communications and Networks. – Paris, 2009. – P. 582-588.
11. Дуравкин, Е.В. Методика моделирования протоколов информационного обмена с помощью аппаратов Е-сетей и вероятностно-временных графов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Е.В. Дуравкин. – Харьков: УкрДАЗТ, 2006. – 184 с.
12. Gulmira D Bazil, Shinar K Adilova, Laulasyn K Abzhanova, Laura A Sugurova, Mira E Yerzhanova. Fuzzy simulation of organizational adjustment processes management based on heat supply balanced scorecard // Innovative Infrastructure Solutions. – 2021. – Vol. 6. – Issue 2.
13. Bayegizova A., Abdikerimova G., Kaliyeva S., Shaikhanova A., Shangytbayeva G., Sugurova L., Sugur Zh., Saimanova Z. Fire detection using deep learning methods //

International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2024. – Vol. 14. – No. 1. – P. 547-555.

Материал поступил в редакцию 04.02.25, принят 11.03.25.

В. Войджик

Люблин технологиялық университеті, Люблин қ., Польша

IP ЖӘНЕ MPLS ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫҢ БӨЛУІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Жаңа буын (NGN) желілерінің негізі ретінде қызмет ететін заманауи көпфункционалды телекоммуникациялық жүйелердің (TKS) тиімді дамуы көбінесе олардың Басқару жүйелеріндегі прогреспен анықталады. Бұл жүйелердің маңызды құрамдас бөліктері деректер ағынын бақылау құралдары – ақпараттық ресурс және TKS арналық ресурсы болып табылатын байланыс арналарының қол жетімді өткізу қабілетін бөлу механизмдері болып табылады.

Тірек сөздер: IP (Internet Protocol), MPLS (Multiprotocol Label Switching), мультисервистік желілер, көлік технологиялары, QoS, деректерді беру, желілік инфрақұрылым, желілік протоколдар.

W. Wójcik

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

MATHEMATICAL MODELING OF INFORMATION RESOURCE ALLOCATION IN IP AND MPLS NETWORKS

Abstract. The effective development of modern multifunctional telecommunications systems (TKS), which serve as the basis of new generation (NGN) networks, is largely determined by progress in their control systems. The most important components of these systems are the mechanisms for distributing the available bandwidth of communication channels, which are the means of monitoring the data flow – an information resource and a TKS channel resource.

Keywords: IP (Internet Protocol), MPLS (Multiprotocol Label Switching), multiservice networks, transport technologies, QoS, data transmission, network infrastructure, network protocols.

References

1. Gurgenidze, A.T., Koresh, V.I. Mul'tiservisnyye seti i uslugi shirokopolosnogo dostupa [Multiservice networks and broadband access services]. – St. Petersburg: Science and Technology, 2006. – 400 p. [in Russian].
2. Gol'dshteyn B.S. Problemy perekhoda k mul'tiservisnym setyam [Problems of transition to multiservice networks] // Bulletin of Communications. – 2007. – No. 12. – P. 26-31. [in Russian].
3. Shvartsman V.O. Kachestvo uslug setey sleduyushchego pokoleniya [Quality of services in next-generation networks] // Telecommunications. – 2006. – No. 3. – P. 26-31. [in Russian].
4. Vegeshna, SH. Kachestvo obsluzhivaniya v setyakh IP [Quality of service in IP networks]. – Moscow: Williams Publishing House, 2006. – 386 p. [in Russian].

5. Denisova, T.B., Likhttsinder, B.YA., Nazarov, A.N., Simonov, M.V., Fomichev, S.M. Mul'tiservisnyye ATM seti [Multiservice ATM networks]. – Moscow: Eko Trends, 2007. – 320 p. [in Russian].
6. Nazarov, A.N., Razzhivin, I.A., Simonov, M.V. ATM: Printsipy i tekhnicheskiye resheniya sozdaniya setey [ATM: Principles and technical solutions for creating networks]. – Moscow: Hotline – Telecom, 2006. – 408 p. [in Russian].
7. Kucheryavyy, Ye.A. Upravleniye trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet [Traffic management and quality of service on the Internet]. – Moscow: Science and Technology, 2007. – 336 p. [in Russian].
8. Lemeshko O.V., Evseeva O.YU., Simonenko D.V. Model' dinamíchnogo balansuvannya merezhnikh resursív u telekomuníkatsíyníy merezhí [Model of dynamic balancing of marginal resources in a telecommunications network] // Information processing systems. – 2008. – No. 5(72). – P. 71-74. [in Ukrainian].
9. Bezruk V.M., Kolesnikov O.A., Svid I.V., Korsun I.V. Metody mnogokriterial'noy optimizatsii v zadachakh proyektirovaniya telekommunikatsionnykh sistem [Methods of multicriteria optimization in problems of designing telecommunication systems] // Computer technologies of medicine. – 2006. – No. 14. – P. 166-190. [in Ukrainian].
10. Wang Y., Wang Z. Explicit routing algorithms for Internet Traffic Engineering // Proc. of 8th International Conference on Computer Communications and Networks. – Paris, 2009. – P. 582-588.
11. Duravkin, Ye.V. Metodika modelirovaniya protokolov informatsionnogo obmena s pomoshch'yu apparatov Ye-setey i veroyatnostno-vremennykh grafov [Methodology for modeling information exchange protocols using E-network devices and probabilistic-temporal graphs]: dis. ... Cand. of Technical Sciences. – Kharkov: UkrDAZT, 2006. – 184 p. [in Russian].
12. Gulmira D Bazil, Shinar K Adilova, Laulasyn K Abzhanova, Laura A Sugurova, Mira E Yerzhanova. Fuzzy simulation of organizational adjustment processes management based on heat supply balanced scorecard // Innovative Infrastructure Solutions. – 2021. – Vol. 6. – Issue 2.
13. Bayegizova A., Abdikerimova G., Kaliyeva S., Shaikhanova A., Shangytbayeva G., Sugurova L., Sugur Zh., Saimanova Z. Fire detection using deep learning methods // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2024. – Vol. 14. – No. 1. – P. 547-555

IRSTI 20.01.07

Yu.R. Krahmaleva ©

Phd
https://orcid.org/0000-0003-2166-3885
M.Kh. Dulaty Taraz University,
Taraz, Kazakhstan
yuna_kr@mail.ru

https://doi.org/10.55956/QSYJ5911

COMPUTATION OF THE BEST STANDARD DEVIATION BY LEJANDRE POLYNOMIALS IN A COMPUTER MATHEMATICS SYSTEM

Abstract. The extensive practical applications of Lejandre polynomials, in conjunction with the development of computer mathematics systems, have engendered a series of prerequisites that are conducive to the expansion of the possibilities for the application of mathematical methods. The contemporary challenge lies in identifying effective calculation and application methodologies for these polynomials within the framework of analytical calculations. The present paper proposes a code for calculating the best standard deviation by Lejandre polynomials with graphical visualisation in Maple.

Keywords: function decomposition, orthogonal polynomials, approximation, series, Rodrigue formula.

Krahmaleva Yu.R. Computation of the best standard deviation by Lejandre polynomials in a computer mathematics system //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.1(87). – P.541-552. https://doi.org/10.55956/QSYJ5911

Introduction. The theory of orthogonal polynomials has a vast field of theoretical and practical applications. The distinctive characteristic of these polynomials, which is evident in their notable properties, engenders the potential for their utilization in a myriad of application problems. Orthogonal polynomials are characterized by their ability to interpolate and approximate functions, a property that is crucial in a wide range of applications.

A separate class of orthogonal polynomials is Lejandre polynomials. To determine the $P_n(x)$ Lejandre polynomials of degree n the Rodrigue formula is used [1]:

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \cdot \frac{d^n}{dx^n}\left(x^2 - 1\right)^n,$$

which leads to explicit expressions of these polynomials. Thus, at $n = \overline{0,4}$ the Lejandre polynomials have the following representation:

$P_0(x)=1$, $P_1(x)=x$, $P_2(x)=\frac{1}{2}(3x^2-1)$, $P_3(x)=\frac{1}{2}(5x^3-3x)$, $P_4(x)=\frac{1}{8}(35x^4-30x^2+3)$.

Lejandre $P_n(x)$ polynomials have one of the properties that allows us to use them in the best way when approximating functions. Due to the completeness of $P_n(x)$ on the interval [-1,1], it is possible to construct a system of polynomials which will have the smallest deviation from the given function in the sense of RMS approximation.

Materials and methods. The theoretical justification for the construction of the system of Lejandre $P_n(x)$ polynomials for a given function $y = f(x)$ on the segment [-1,1] is the following theorem [2]:

Every twice continuously differentiable function $f(x)$ on the interval [-1,1] has a Lejandre polynomial series expansion which is absolutely and uniformly convergent:

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty} f_n(x)P_n(x), \tag{1}$$

where $f_n(x)$ is the Fourier coefficients of the $f(x)$ function:

$$f_n(x)=\frac{2n+1}{2}\int_{-1}^{1} f(x)P_n(x)dx, \tag{2}$$

where $n = 0,1,\ldots,\ldots$.

Let $PL_n(x)$ be a polynomial of the form (1):

$$PL_n(x)=\sum_{n=0}^{k} C_n(x)P_n(x) \tag{3}$$

Then formula (2) is used to calculate the coefficients $C_n(x)$, where $n = 0,1,\ldots,k$, $P_n(x)$ are Lejandre polynomials and Fourier coefficients:

$$C_n(x)=\frac{2n+1}{2}\int_{-1}^{1} f(x)P_n(x)dx. \tag{4}$$

As a measure of the closeness of the function $f(x)$ to $PL_n(x)$ we take the deviation of the RMS approximation σ_n^2 to $y = f(x)$:

$$\sigma_n^2=\int_{-1}^{1} f^2(x)dx-\sum_{n=0}^{k}\frac{2}{2n+1}C_n^2(x). \tag{5}$$

Example. For a function $y = e^x$ on [-5,2], find the best RMS approximation of σ_n^2 [3].

Solution. The segment [-5,2] on which we need to find σ_n^2 does not fulfil the requirement of the theorem: [-1,1]. Therefore, we introduce a variable substitution of the function $y = e^x$. Let the variable substitution have a linear form:

$$x = at + b \tag{6}$$

According to (6), we form a system of equations:

$$\begin{cases} at_1 + b = x_1 \\ at_2 + b = x_2 \end{cases}$$

where $x_1 = -5$, $t_1 = -1$, $x_2 = 2$, $t_2 = 1$ and we find the values of and: b: $a = \frac{7}{2}$, $b = -\frac{3}{2}$.
We have a variable substitution:

$$x = \frac{7}{2}t - \frac{3}{2}, \tag{7}$$

which converts $x \in [-5, 2]$ to $t \in [-1, 1]$. The function $y = e^x$ at (7) takes the form:

$$F(t) = e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}}. \tag{7}$$

Let us compute $C_n(t)$ by (4), assuming $n = \overline{0,4}$ and using the representation $P_n(t)$ by *(A):*

$$C_0(t) = \frac{2 \cdot 0 + 1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot P_0(t) dt = \frac{1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot 1 \cdot dt = -\frac{1}{7} e^{-5} + \frac{1}{7} e^{2};$$

$$C_1(t) = \frac{2 \cdot 1 + 1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot P_1(t) dt = \frac{3}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot t \cdot dt = \frac{27}{49} e^{-5} + \frac{15}{49} e^{2};$$

$$C_2(t) = \frac{2 \cdot 2 + 1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot P_2(t) dt = \frac{5}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot \frac{3t^2 - 1}{2} \cdot dt = \frac{515}{343} e^{-5} + \frac{95}{343} e^{2};$$

$$C_3(t) = \frac{2 \cdot 3 + 1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot P_3(t) dt = \frac{5}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot \frac{5t^3 - 3t}{2} \cdot dt = \frac{1471}{343} e^{-5} + \frac{55}{343} e^{2};$$

$$C_4(t) = \frac{2 \cdot 4 + 1}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot P_4(t) dt = \frac{9}{2} \int_{-1}^{1} e^{\frac{7}{2}t - \frac{3}{2}} \cdot \frac{35t^4 - 30t^2 + 3}{8} \cdot dt = -\frac{32967}{2401} e^{-5} + \frac{207}{2401} e^{2}.$$

Let's calculate $PL_n(t)$ for $n = \overline{0,4}$ at $t \in [-1, 1]$ for (7) using the formula (1):

$$PL_0(t) = C_0(t) \cdot P_0(t) = -\frac{1}{7} e^{-5} + \frac{1}{7} e^{2};$$

$$PL_1(t) = \sum_{n=0}^{1} C_n(t) P_n(t) = C_0(t) \cdot P_0(t) + C_1(t) \cdot P_1(t) = -\frac{1}{7} e^{-5} + \frac{1}{7} e^{2} + \left(\frac{27}{49} e^{-5} + \frac{15}{49} e^{2} \right) \cdot t;$$

$$PL_2(t)=\sum_{n=0}^{2}C_n(t)P_n(t)=\frac{417}{686}e^{-5}+\frac{3}{686}e^{2}+\left(\frac{27}{49}e^{-5}+\frac{15}{49}e^{2}\right)\cdot t+\left(-\frac{1545}{686}e^{-5}+\frac{285}{686}e^{2}\right)\cdot t^2;$$

$$PL_3(t)=\sum_{n=0}^{3}C_n(t)P_n(t)=\frac{417}{686}e^{-5}+\frac{3}{686}e^{2}+\left(-\frac{4035}{686}e^{-5}+\frac{45}{686}e^{2}\right)\cdot t+\left(-\frac{1545}{686}e^{-5}+\frac{285}{686}e^{2}\right)\cdot t^2+$$
$$+\left(\frac{7355}{686}e^{-5}+\frac{275}{686}e^{2}\right)\cdot t^3;$$

$$PL_4(t)=\sum_{n=0}^{4}C_n(t)P_n(t)=-\frac{87225}{19208}e^{-5}+\frac{705}{19208}e^{2}+\left(-\frac{4035}{686}e^{-5}+\frac{45}{686}e^{2}\right)\cdot t+\left(\frac{472875}{9604}e^{-5}+\frac{885}{9604}e^{2}\right)\cdot t^2+$$
$$+\left(\frac{7355}{686}e^{-5}+\frac{275}{686}e^{2}\right)\cdot t^3+\left(-\frac{164835}{2744}e^{-5}+2744e^{2}\right)\cdot t^4$$

Using variable substitution $t=\frac{2}{7}x+\frac{3}{7}$, we calculate $PL_n(x)$ for $n=\overline{0,4}$ at $x\in[-5,2]$ for $y=e^x$:

$$PL_0(x)=-\frac{1}{7}e^{-5}+\frac{1}{7}e^{2};$$

$$PL_1(x)=\frac{1}{7}e^{-5}+\frac{1}{7}e^{2}+\left(\frac{27}{49}e^{-5}+\frac{15}{49}e^{2}\right)\cdot\left(\frac{2}{7}x+\frac{3}{7}\right)=\frac{32}{343}e^{-5}+\frac{52}{49}e^{2}+\left(\frac{54}{343}e^{-5}+\frac{30}{343}e^{2}\right)\cdot x;$$

$$PL_2(x)=\frac{7233}{16807}e^{-5}+\frac{3561}{16807}e^{2}+\left(-\frac{6624}{16807}e^{-5}+\frac{3180}{16807}e^{2}\right)\cdot x+\left(-\frac{3090}{16807}e^{-5}+\frac{570}{16807}e^{2}\right)\cdot x^2;$$

$$PL_3(x)=-\frac{174432}{117649}e^{-5}+\frac{16512}{117649}e^{2}+\left(-\frac{64020}{117649}e^{-5}+\frac{21600}{117649}e^{2}\right)\cdot x+\left(\frac{110760}{117649}e^{-5}+\frac{8940}{117649}e^{2}\right)\cdot x^2+;$$
$$+\left(\frac{29420}{117649}e^{-5}+\frac{1100}{117649}e^{2}\right)\cdot x^3$$

$$PL_4(x)=-\frac{658095}{823543}e^{-5}+\frac{10378}{823543}e^{2}+\left(\frac{5485920}{823543}e^{-5}+\frac{113940}{823543}e^{2}\right)\cdot x+\left(-\frac{213690}{823543}e^{-5}+\frac{68790}{823543}e^{2}\right)\cdot x^2+$$
$$\left(-\frac{1772080}{823543}e^{-5}+\frac{20120}{823543}e^{2}\right)\cdot x^3+\left(-\frac{329670}{823543}e^{-5}+\frac{22070}{823543}e^{2}\right)\cdot x^4$$

We use formula (5) to calculate the RMS approximation $PL_n(x)$:

$$\sigma_0^2=\int_{-1}^{1}f^2(t)dt-2C_0^2(t)\approx 5{,}575295713;$$

$$\sigma_1^2=\int_{-1}^{1}f^2(t)dt-2C_0^2(t)-\frac{2}{3}C_1^2(t)\approx 2{,}153125955$$

$$\sigma_2^2=\int_{-1}^{1}f^2(t)dt-\sum_{n=0}^{2}\frac{2}{2n+1}C_n^2(t)\approx 0{,}49431813;$$

$$\sigma_3^2 = \int_{-1}^{1} f^2(t)dt - \sum_{n=0}^{3} \frac{2}{2n+1} C_n^2(t) \approx 0{,}0734340882;$$

$$\sigma_4^2 = \int_{-1}^{1} f^2(t)dt - \sum_{n=0}^{4} \frac{2}{2n+1} C_n^2(t) \approx 0{,}00754351905.$$

Comparing the values σ_n^2 with $n = \overline{0,4}$, we conclude that the smallest deviation is σ_4^2.

To reduce the labour intensity of computational processes, we will solve the example in the computer mathematics system Maple.

For calculations with orthogonal polynomials in Maple a special package *orthopoly*. is designed [4].

$$restart;\ with(orthopoly);$$
$$[G, H, L, P, T, U]$$

The package includes 6 functions. Each letter of the functions is the first letter present in the name of the orthogonal polynomial. For $P_n(x)$, the letter P is used. The command syntax for calling $P_n(x)$is written as: $P(n,x)$, where *n* is the degree , and *x* is the variable of the polynomial [4]. For example:

$$P0 := P(0,x);\ P1x := P(1,x);\ P2t := P(2,\mathrm{t});\ \ P0 := 1$$
$$P1x := x$$
$$P2t := -\frac{1}{2} + \frac{3}{2}t^2$$

Let's solve the example in Maple. Define a function and the segment on which it is considered: $f := \exp(x);\ x1 := -5;\ x2 := 2;$

$$f := \mathrm{e}^x$$
$$x1 := -5$$

Then, we introduce the boundary points of the segment [-1,1]:

$$t1 := -1;\ t2 := 1;$$
$$t1 := -1$$
$$t2 := 1$$

We make a system of equations to find the expression of the new variable and solve it:

$$sys1 := \{a \cdot t1 + b = x1,\ a \cdot t2 + b = x2\};$$
$$rsys1 := solve(sys1, \{a, b\});$$
$$X := rhs(rsys1[1]) \cdot \mathrm{t} + rhs(rsys1[2]);$$

$$sys1 := \{-a + b = -5,\ a + b = 2\}$$
$$rsys1 := \left\{a = \frac{7}{2},\ b = -\frac{3}{2}\right\}$$

$$X := \frac{7}{2}\,t - \frac{3}{2}$$

Since the solution requires that we go back to the variable x, we prescribe actions for this:

$$eq1 := rhs(rsys1[1])\cdot \mathrm{t} + rhs(rsys1[2]) = X_1;\ req1 := solve(eq1, t);$$

$$eq1 := \frac{7}{2}\,t - \frac{3}{2} = X_1$$
$$req1 := \frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}$$

Let's compose a function with a new variable:

$$F := subs(x = X, f);$$
$$F := \mathrm{e}^{\frac{7}{2}\,t - \frac{3}{2}}$$

To calculate the coefficients $C_n(t)$ let's make a cycle with a construction, taking as a $n = 4$ [5]:

$$\textbf{for } i \textbf{ from } 0 \textbf{ to } 4 \textbf{ do } C[i] := \frac{(2\cdot i + 1)}{2}\cdot int(F\cdot P(\mathrm{i},\mathrm{t}), t = -1\,..1);\ \textbf{od};$$

$$C_0 := -\frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{2}$$
$$C_1 := \frac{27}{49}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{15}{49}\,\mathrm{e}^{2}$$
$$C_2 := -\frac{515}{343}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{95}{343}\,\mathrm{e}^{2}$$
$$C_3 := \frac{1471}{343}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{55}{343}\,\mathrm{e}^{2}$$
$$C_4 := -\frac{32967}{2401}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{207}{2401}\,\mathrm{e}^{2}$$

If necessary, by increasing *n* the following coefficients are found $C_n(t)$.

Let's calculate $PL_n(t)$ – approximate Lejandre polynomials [4]:

$$Pl0t := sum(C[k]\cdot P(k, t), k = 0\,..0);$$
$$Pl1t := sum(C[k]\cdot P(k, t), k = 0\,..1);$$
$$Pl2t := sum(C[k]\cdot P(k, t), k = 0\,..2);$$
$$Pl3t := sum(C[k]\cdot P(\mathrm{k}, t), k = 0\,..3);$$
$$Pl4t := sum(C[k]\cdot P(k, t), \mathrm{k} = 0\,..4);$$

$$Pl0t := -\frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{2}$$
$$Pl1t := -\frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{2} + \left(\frac{27}{49}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{15}{49}\,\mathrm{e}^{2}\right)t$$
$$Pl2t := -\frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{1}{7}\,\mathrm{e}^{2} + \left(\frac{27}{49}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{15}{49}\,\mathrm{e}^{2}\right)t + \left(-\frac{515}{343}\,\mathrm{e}^{-5} + \frac{95}{343}\,\mathrm{e}^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\,t^{2}\right)$$

$$Pl3t := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right) t + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\,t^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\,t^{3} - \frac{3}{2}\,t\right)$$

$$Pl4t := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right) t + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\,t^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\,t^{3} - \frac{3}{2}\,t\right) + \left(-\frac{32967}{2401}\,e^{-5} + \frac{207}{2401}\,e^{2}\right)\left(\frac{3}{8} + \frac{35}{8}\,t^{4} - \frac{15}{4}\,t^{2}\right)$$

We proceed to the calculation of $PL_n(x)$ – approximate Lejandre polynomials with the variable *x*, but first write through the variable X_1 [6]:

```
Pl0_x := subs(t = req1, Pl0t);
Pl1_x := subs(t = req1, Pl1t);
Pl2_x := subs(t = req1, Pl2t);
Pl3_x := subs(t = req1, Pl3t);
Pl4_x := subs(t = req1, Pl3t);
```

$$Pl0_x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}$$

$$Pl1_x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)$$

$$Pl2_x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)^{2}\right)$$

$$Pl3_x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)^{3} - \frac{3}{7}\,X_1 - \frac{9}{14}\right)$$

$$Pl4_x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\left(\frac{2}{7}\,X_1 + \frac{3}{7}\right)^{3} - \frac{3}{7}\,X_1 - \frac{9}{14}\right)$$

Now, let's go to the original variable *x* [4]:

```
Pl0x := subs(X_1 = x, Pl0_x);
Pl1x := subs(X_1 = x, Pl1_x);
Pl2x := subs(X_1 = x, Pl2_x);
Pl3x := subs(X_1 = x, Pl3_x);
Pl4x := subs(X_1 = x, Pl4_x);
```

$$Pl0x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}$$

$$Pl1x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)$$

$$Pl2x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)^{2}\right)$$

$$Pl3x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)^{3} - \frac{3}{7}\,x - \frac{9}{14}\right)$$

$$Pl4x := -\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2} + \left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right) + \left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)^{2}\right) + \left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)\left(\frac{5}{2}\left(\frac{2}{7}\,x + \frac{3}{7}\right)^{3} - \frac{3}{7}\,x - \frac{9}{14}\right)$$

Let's calculate the deviation from the original function [5]:

$$crkv_0 := int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..0\right);$$

$$crkv_0 := -\frac{1}{7}\,e^{-10} + \frac{1}{7}\,e^{4} - 2\left(-\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}\right)^{2}$$

For the numerical result of the analytical expression, we use the command *evalf*:

$$crkv0 := evalf\left(int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..0\right)\right);$$

$$crkv0 := 5.575295713$$

We proceed as follows and calculate the numerical result of the RMS approximation value:

$$crkv_1 := int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..1\right);$$

$$crkv1 := evalf\left(int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..1\right)\right);$$

$$crkv_2 := int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..2\right);$$

$$crkv2 := evalf\left(int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..2\right)\right);$$

$$crkv_3 := int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..3\right);$$

$$crkv3 := evalf\left(int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..3\right)\right);$$

$$crkv_4 := int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..4\right);$$

$$crkv4 := evalf\left(int\left(F^2, t = -1..1\right) - sum\left(2\cdot\frac{C[m]^2}{(2\cdot m + 1)}, m = 0..4\right)\right);$$

$$crkv_1 := -\frac{1}{7}\,e^{-10} + \frac{1}{7}\,e^{4} - 2\left(-\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{3}\left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)^{2}$$

$$crkv1 := 2.153125955$$

$$crkv_2 := -\frac{1}{7}\,e^{-10} + \frac{1}{7}\,e^{4} - 2\left(-\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{3}\left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{5}\left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)^{2}$$

$$crkv_3 := -\frac{1}{7}\,e^{-10} + \frac{1}{7}\,e^{4} - 2\left(-\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{3}\left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{5}\left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{7}\left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)^{2}$$

$$crkv3 := 0.0734340882$$

$$crkv_4 := -\frac{1}{7}\,e^{-10} + \frac{1}{7}\,e^{4} - 2\left(-\frac{1}{7}\,e^{-5} + \frac{1}{7}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{3}\left(\frac{27}{49}\,e^{-5} + \frac{15}{49}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{5}\left(-\frac{515}{343}\,e^{-5} + \frac{95}{343}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{7}\left(\frac{1471}{343}\,e^{-5} + \frac{55}{343}\,e^{2}\right)^{2} - \frac{2}{9}\left(-\frac{32967}{2401}\,e^{-5} + \frac{207}{2401}\,e^{2}\right)^{2}$$

$$crkv4 := 0.00754351905$$

As is evident, at the outset of the computational process, the initial data – the function and the segment – were entered, and then the segment by theorem was entered. It is important to note that all subsequent calculations are performed automatically. The ensuing calculations will be accompanied by graphical visualization.

It is acknowledged that functions can be approximated by polynomials with uniform approximation, as stipulated by the Weierstrass approximation theorem. To illustrate this, consider a polynomial that is the partial sum of the Maclorean series, on the condition that the function on a specific segment is decomposed into a uniformly convergent series. The Taylor series can also be used. For the purpose of comparison with our solution, let us consider the approximate solution by Taylor series of the original function $y = e^{x}$:

$$T_2 := taylor(\exp(x), x = 0, 2);$$
$$T_2 := 1 + x + O(x^{2})$$

Let's discard the remainder of the series and write the series as a polynomial:

$$T2 := convert(T_2, polynom);\ \ T2 := 1 + x$$

We similarly prescribe the steps for the Taylor series of the same function $y = e^{x}$ by increasing the number of terms of the series:

$$T_3 := taylor(\exp(x), x = 0, 3);\ T3 := convert(T_3, polynom);$$
$$T_4 := taylor(\exp(x), x = 0, 4);\ T4 := convert(T_4, polynom);$$

$$T_3 := 1 + x + \frac{1}{2}\,x^{2} + O(x^{3})$$

$$T3 := 1 + x + \frac{1}{2}x^2$$

$$T_4 := 1 + x + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{6}x^3 + O(x^4)$$

$$T4 := 1 + x + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{6}x^3$$

For visual representation we plot the graphs of the function $y = e^x$, approximated solutions by Lejandre polynomials and Taylor series (Fiqures 1-3) [5]:

plot([exp(*x*), *Pl2x*, *T2*], x = −5 .. 2, color = [red, green, blue], linestyle = [*solid*, *dashdot*, *dash*], thickness = 3, legend = ["_exp(x)_", "_Многочлены_Лежандра_n=2"_, "Ряд_Тейлора_n=2_"]);

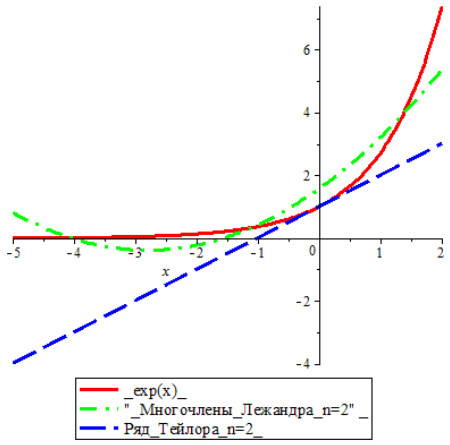


Fig. 1. Graph of building an approximation of the function $y = e^x$. Lejandre polynomials $PL_2(x)$, Taylor series at $n = 2$.

plot([exp(*x*), *Pl3x*, *T3*], x = −5 .. 2, color = [red, green, blue], linestyle = [*solid*, *dashdot*, *dash*], thickness = 3, legend = ["_exp(x)_", "_Многочлены_Лежандра_n=3"_, "Ряд_Тейлора_n=3_"]);

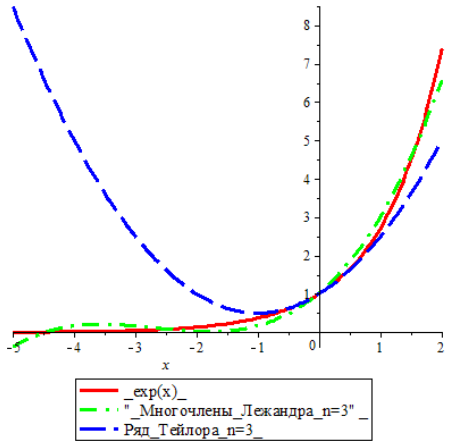


Fig. 2. Graph of building an approximation of the function $y = e^x$. Lejandre polynomials $PL_3(x)$, Taylor series at $n = 3$.

```
plot([exp(x), Pl4x, T4], x = -5 .. 2, color = [red, green, blue], linestyle = [solid, dashdot, dash],
    thickness = 3, legend = ["_exp(x)_", "_Многочлены_Лежандра_n=4"_,
    "Ряд_Тейлора_n=4_"]);
```

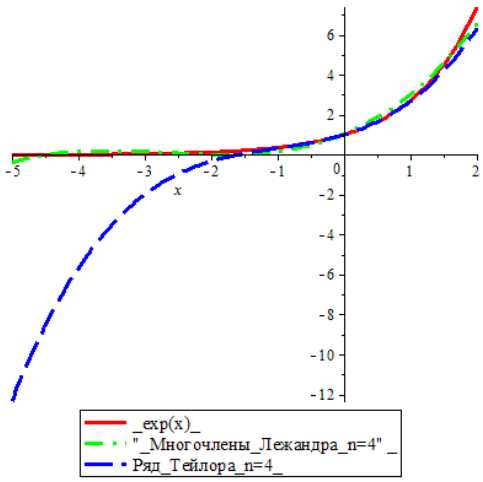


Fig. 3. Graph of building an approximation of the function $y = e^x$. Lejandre polynomials $PL_4(x)$, Taylor series at $n = 4$.

Comparing the graphs of approximation of the function $y = e^x$ by approximate Lejandre polynomials and Taylor series, it is clearly seen that already at $n = 3$ the greatest accuracy of the function graph is achieved by polynomials $PL_n(x)$. While the approximation of the function by the Taylor series is only close to the function in the neighbourhood of *0*.

Research results and discussion. The resolution of a multitude of practical exemplifications has demonstrated that in linear normed spaces, the optimal approximation is attained by approximate Lejandre polynomials $PL_n(x)$. However, it should be noted that the solution of these examples is accompanied by complicated calculations. The labour intensity of the computational process is primarily related to the increase of the degree $P_n(x)$, which directly affects the reduction of the magnitude of the approximate solution.

A study conducted in the Maple computer mathematics system, employing visual representation of function approximation, has demonstrated that the approximate solution by Lejandre polynomials deviates from the exact solution to the smallest extent already at *n = 3*. Furthermore, the approximation of the function by Lejandre polynomials is more proximate to the exact graph of the function than the approximation of the function by Taylor series.

Discussion of scientific results. The practical implementation of the system of computer mathematics has enabled the development of a code for finding the best standard deviation by Lejandre polynomials, with graphical visualization in the Maple program. The developed code has been shown to reduce the time cost of the calculation process and its labour intensity.

Conclusion. The development of modern computer mathematics and the practical applications of problem-solving are creating the conditions for expanding the possibilities of application of mathematical methods. The efficacy of combined

methods implemented in the system of analytical calculations, as demonstrated by studies, is a testament to the value of such approaches.

References

1. Sveshnikov A.G., Bogolyubov A.N., Kravtsov V.V. Lectures on Mathematical Physics: textbook. – Moscow: Izd-vo MSU, 1993. – 352 p.
2. Fikhtenholtz G.M. Course of Differential and Integral Calculus. Vol.1.: textbook. – Moscow: Lan, 2017. – 608 p.
3. Ushakova I.A., Eirikh N.V. Approximation of functions by Lejandre polynomials in Maple system // EAO, Birobidzhan, FGBOUVO Sholom-Aleichem Priamur State University, ENJ Postulate. – 2017. – No. 7.
4. Govorukhin. V.N. Tsibulin V.G. Introduction to Maple. Mathematical package for everyone. – M.: Mir, 2017. – 208 p.
5. Dyakonov V.P. Maple 9.5 10 in mathematics, physics and education. – Moscow: SOLON-PRESS, 2017. – 720 p.
6. Kirsanov M.N. Mathematics and programming in Maple. – Moscow: IPR Media, 2020. – 164 p.

Received: 14 February 2025
Accepted: 16 March 2025

Ю.Р. Крахмалева

М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

КОМПЬЮТЕРЛІК МАТЕМАТИКА ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЛЕЖАНДР КӨПМҮШЕЛІГІНІҢ ЕҢ ЖАҚСЫ ОРТАША КВАДРАТТЫ АУЫТҚУЫН ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа. Лежандр көпмүшелігінің ауқымды тәжірибелік қосымшалары мен компьютерлік математика жүйелерін дамыту математикалық әдістерді пайдалану мүмкіндіктерін кеңейту үшін алғашқы қадам болып табылады. Талдамалық есептеу жүйесінде осы көпмүшеліктерді есептеудің және оларды қолданудың тиімді әдістерін табу қазіргі заманауи мәселелердің бірі болып табылады. Мақалада Maple жүйесінде графикалық визуализациясы бар Лежандр көпмүшелілігінің ең жақсы орташа квадраттық ауытқуды есептеу коды әзірленген.

Тірек сөздер: функцияны жіктеу, ортогональды көпмүшеліктер, жуықтау, қатар, Родрига формуласы.

Ю.Р. Крахмалева

Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ВЫЧИСЛЕНИЕ НАИЛУЧШЕГО СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОГО ОТКЛОНЕНИЯ ПОЛИНОМАМИ ЛЕЖАНДРА В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Аннотация. Обширные практические приложения полиномов Лежандра и развитие систем компьютерной математики создают предпосылки для расширения возможностей применения математических методов. Современным вопросом является нахождение эффективных методов вычисления и приложения данных полиномов в системе аналитических вычислений. В статье разрабатывается код вычисления наилучшего среднеквадратичного отклонения полиномами Лежандра с графической визуализацией в системе Maple.

Ключевые слова: разложение функций, ортогональные полиномы, аппроксимация, ряд, формула Родрига.