DULATY UNIVERSITY
Taraz | since 1958

№ 4
2024

ISSN 2308-9865
eISSN 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*

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#

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
eISSN 2959-7994

№ 4 (86)
Қазан-желтоқсан
2024 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:
080012, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.
Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.
http://journals.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).

Басуға қол қойылған күн 30.12.2024. Форматы 70×180/16. Шартты баспа табағы 45,60. Тираж 300 дана. Тапсырыс 942.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, 2024

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
eISSN 2959-7994

№ 4 (86)
Октябрь-декабрь
2024 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:
080012, г. Тараз, ул. Толе би, 60.
Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.
http://journals.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).

Подписано в печать 30.12.2024. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 45,60. Тираж 300 экз. Заявка 942.

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

© Таразский университет имени М.Х. Дулати, 2024

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
eISSN 2959-7994

No. 4 (86)
October-December
2024

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:
080012, Taraz, Tole bi street, 60.
Tel.: 8 7262 45-35-10, fax: 8 7262 43-24-02.
http://journals.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).

Signed in print 30.12.2024. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 45.60. Edition 300 copies. Application 942.

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

© M.Kh. Dulaty Taraz University, 2024

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGIES

Мустафаева А.К., Калемшарив Б., Жандаулова А.Е.
Түйе сүтінен ұлттық сүтқышқылды өнімін өндіру технологиясын әзірлеу …….. 9

Казиханова С.Р., Ашимова К.К., Ашимов С.А., Каимбаева Л.А., Абжалиева А.Б., Имбай С.М.
Изучение пищевой ценности, гистологических и сенсорных показателей мяса овец породы Дорпер ….…… 17

Алимарданова М.К., Имангалиева Ж.К.
Влияние механической обработки на аминокислотный и витаминный состав творожной пасты с добавлением овощного пюре ……... 25

Кабулов Б.Б., Абдилова Г.Б., Жумадилова Г.А., Бакиева А.Б., Сергибаева Ж.А.
Ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделі ……. 34

Макангали Қ.Қ., Тултабаева Т.Ч., Жакупова Г.Н., Сағандық А.Т., Мулдашева А.Х., Ахметжанова А.Т.
Биологиялық белсенді компоненттерді қолдану негізінде сүт өнімдерінің технологиясын жетілдіру …….. 41

Satayeva Zh.I., Eskhozhin S.
Research of groats from amaranth grown in the conditions of Central Kazakhstan …… 49

Тлевлесова Д.А., Усембаева Ж.К., Даутканова Д.Р.
Инновационные технологии в производстве приправ и специй …… 57

Шарбекова Б.Е., Әлтайұлы С.
Майлы дақылдардың тұқымдарының ядросынан композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу …… 66

Шамбулова Г.Д., Нұрсейітова Ж.Ә.
Кептірілген жеміс тағамының пайдасы …… 76

Байжанова Ш.Б., Конарбаева З.К., Калдыбекова Ж.Б.
Екінші сүт ресурстарын кешенді пайдалану …… 84

Kazhymurat A.T., Dautkanova D.R.
Beverage with collagen hydrolyzate ……. 96

Patsayev M.M., Ospanov A.B., Yanvareva N.N., Sidorova V.I., Bektursunova M.Zh.
Prospects for the production of domestic feed for service puppies …….. 103

Мамыраев М.Н., Изтаев А.И., Кенжеходжаев М.Д., Магомедов Г.О., Якияева М.А., Аскарбеков Э.Б.
Исследование влияния активированной воды на мучные кондитерские изделия ……. 116

Зарифулина О.К., Молибога Е.А., Шадрин М.А., Ваисов К.М.
Способ получения кисломолочного десерта на основе козьего молока ... 129

Oraz G.T.
Cutting method of beef halves for export ……. 135

Shoman A., Makangali K.
Mathematical model for food formulation with microgreens grown using IoT in vertical farming ……..... 140

Serikbayeva A.N., Muratkhankyzy A., Aliyeva M.B., Ibraimova S.E., Abdikhanova D., Dzhumabekova G.Sh.
Application of HACCP principles to ensure quality and safety in the production of spice and flavour compositions based on biologically active substances of plant raw materials ……. 147

Оспанов Ә.Ә., Муслимов Н.Ж., Тимурбекова А.К., Алмаганбетова А.Т.
Дайындық дәрежесі жоғары коэкструдирленген көп дәнді өнімдердің сапа мен қауіпсіздік көрсеткіштерін зерттеу ……... 155

Байгельдиева М.Х., Аубакиров Х.А., Тлепов А.А.
Құстарға арналған жемдік қоспаны әзірлеу үшін жануарлардың қалдық өнімдерін кептіру ……..... 166

ҚҰРЫЛЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Момбаев Қ.Ж., Сенников М.Н., Қалтай Қ.Қ.
Шу өзеніндегі тасөткел су қоймасы бөгетінің сейсмикалық күштерге төзімділігі туралы ……... 172

Evdokimov S.V.
Analysis of seismic loads impact on the main equipment of hydroelectric power plants …….. 182

Ахметов Б.Б., Серова Р.Ф., Жаутикова С.А.
Темірбетон конструкцияларының сенімділігін бағалаудың кешенді тәсілі ……. 186

Жусипбеков Ә.Қ., Артықбаев Д.Ж., Абдикерова У.Б., Досалиев Қ.С., Икрамов И.Ғ.
Жаңа қатты бетті акрилді қаптау панельдерінің механикалық, жылу өнімділігі мен беріктігін анықтау …….. 198

Бижигитов Т., Мадалиева Э.
Құрылыс материалдарының физико-механикалық қасиеттерінің температураға тәуелділіктерін зерттеу ……. 212

Tulebekova A.S., Kusbergenova Zh.T., Dosmukhambetova B.K., Tleubayeva A.K., Artykbaev D.Zh.
Analysis of risk factors in the measurement of physical properties of soils …. 220

Сағындықов А.А., Ескермесов Ж.Е., Баялиева Г.М., Нурпеисов С.К., Тұрмаханбетова А.Б., Қарабаев Н.Т.
Ұлпа күлден жасалған композициялық байланыстырғыш заттар мен гидротехникалық бетондардың технологиялық және физика-механикалық қасиеттері ……. 230

Абдрахманова К.А., Сатан Н.Н., Алибекова Н.Т., Тлеубаева А.К., Артыкбаев Д.Ж.
Опыт применения статических и динамических зондирований грунтов в инженерно-геологических условиях г. Астаны ……... 238

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

CHEMICAL TECHNOLOGIES

Садиева Х.Р., Қожахан А.К., Шукур оглы Э.И., Кубекова Ш.Н., Нурлыбаева А.Н., Әлімғалиев И.К., Нығметов Ж.М.
Азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу 246

Bolysbek A.A., Azimov A., Iztleuov G.M., Shirinov Sh.D., Omirova R.Zh.
Thermodynamic and kinetic parameters of the development of technology for producing complex mineral fertilizers with agrochemical properties using hydrogel ……..... 253

Волненко А.А., Сериков А., Абжапбаров А.А., Левданский А.Э., Жумадуллаев Д.К.
Расчет структурных составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с регулярной вращающейся насадкой 269

Дяденко М.В., Левицкий И.А., Глинский А.С.
Технологические и физико-химические свойства низкокремнеземистых стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ ……..... 281

Джамалова З.И., Калдыбаева Б.М., Жолшыбек А., Хусанов А.Е., Абиев Р.Ш.
Ет өңдеу комбинатының ағынды суларын тазалаудың интеграцияланған технологиясы 293

Унгарбаева А.С., Тілеуберді Е., Акбаров Х.И., Сырманова К.К., Бердалиева А.М.
Особенности образования кокса при термической переработке асфальтеносодержащих систем ……..... 304

Акилов Т.Қ., Азимов А.М., Исабаев Н.Н., Иманғалиев Т.А., Дәуренбек Н.М., Туракулов Б.Б.
Шайырлар. Госсипол шайырының пиролизі ……..... 319

Бижигитов Т., Мадалиева Э.
Мұздың фазалық диаграммасын физика-химиялық талдауларды қолданып зерттеу ……..... 328

ЖЕҢІЛ ӨНЕРКӘСІП ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

Baitureev A.M., Yertaeva Zh.A., Onlabekova A.T.
Investigation of the slope angle influence on a drum with a mixed heat treatment mode on the dryer performance …… 336

Рахметбай Д.К., Джунисбеков М.Ш., Шардарбек М.Ш., Кодиров Т.Ж.
Изучение свойств хромового экстракта, полученного из состава для прямого дубления ……... 343

Манапбаева У.Е., Баданов К.И., Касымова Г.А., Тогатаев Т., Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю.
Желім қосылыстардың беріктігіне субстраттың кеуектілігінің тигізетін әсерін анықтау тәсілін жасау ……. 348

Sundar V.J.
Sustainable strategies and wayforward – Kazakhstan leather sector …… 357

Sundar V.J., Abzalbekuly B.
Leather footwear & apparels: the key to sustainability and fashion ……. 362

Калдыбаева Г.Ю., Набиева И.А., Шин И.Г., Калдыбаев Р.Т.
Математическое моделирование на основе планирования полнофакторного эксперимента для исследования параметров хлопкового волокна после джинирования ……... 366

Ким И.С., Джанпаизова В.М., Метелева О.В., Туракулов Б.С.
Современные тенденции в декоре пальтовых изделий: от традиционного к инновационному ……... 377

Кучарбаева К.Ж., Сэрсенбек Ш.Б., Шайзаданова Г.С.
Көлік жөндеу орталығының автоэлектрик арнайы киім жиынтығын дайындауда сапалық көрсеткіштерін зерттеу …….. 387

Джанпаизова В.М., Ким И.С., Метелева О.В., Туракулов Б.С.
Инновационные методы создания декоративных элементов для пальто в промышленном производстве …… 396

Аширбекова Г.Ш., Джанпаизова В.М., Рамазан Э., Туракулов Б.С., Езиева М.М.
Придание антибактериальных свойств основовязанному полотну fittex с помощью комплексной медной обработки …….. 404

Қауымбаев Р.Т., Шардарбек М.Ш.
Текстиль маталарының сапалық көрсеткіштерін анықтау ……. 415

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

Байтуреев А.М., Ертаева Ж.А., Онлабекова А.Т.
Алгоритм блок-схемы расчета циклона первой ступени очистки на ТОО «Казфосфат» ТФ «Минеральные удобрения» ……..... 423

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES

Жунисов Н.М., Абен А.Б., Исаков Д.
Машиналық оқыту алгоритмдерін салыстыра отырып желілік шабуылдарды анықтау …….... 430

Абен А.Б., Жунисов Н.М., Мырзатаев Ж.Б.
Машиналық оқыту алгоритмдерінің көмегімен спам хабарламаларды анықтау …….... 440

Sugurova L.A., Issakulova Zh.A., Sugur Zh.A., Tolganbaeva M.B.
Creation of a system for optimal control of the state of process equipment for phosphorus production …….... 451

Джунисбеков М.Ш., Сугурова Л.А., Иссакулова Ж.А., Ізмуханов Е.А.
Разработка интерфейса ввода-вывода данных в микропроцессорной системе управления …….... 458

Wójcik W.
Method of developing a three-level structure of the optimal control system for the production of phosphoric anhydride (P_2O_5) ……. 468

МЕХАНИКА

MECHANICS

Ибилдаев Б.
Анализ причин отказов подшипников качения …….... 475

Myasnikov A.A.
Research of the operating mode of perforators …….... 482

Ибылдаев М.
Сатылы біліктерді қысуға арналған эксперименттік қондырғы 489

ҒТАМР 65.63.33

А.К. Мустафаева[1] – *негізгі автор*,
Б. Калемшарив[2], **А.Е. Жандаулова**[3]

[1]*Техн. ғылым. канд.*, [2]*Аға оқытушы*, [3]*Магистрант*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-9627-7543* [2]*https://orcid.org/0000-0002-8036-9718*
[3]*https://orcid.org/0009-0007-9138-7069*

[1,2,3]*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,*
Астана қ., Қазақстан

[1]*ayaulym.mustafa@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/QKOR8581

ТҮЙЕ СҮТІНЕН ҰЛТТЫҚ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада С дәруменімен байыту мақсатында өсімдік тектес шикізатты қолдану арқылы түйе сүтінен ұлттық сүтқышқылды өнім өндіру технологиясы жасалды. Зерттеудің негізгі нысандары ретінде түйе сүті және Шығыс Қазақстан облысында өсетін өсімдік тектес шикізат итмұрын алынды. Итмұрын дәрумендерге өте бай, ең алдымен аскорбин қышқылының көзі ретінде құндылығы жоғары, оның құрамындағы С дәрумені алмаға қарағанда 10 есе көп, сонымен қатар кептірілген жидектерде бұл дәрумен ұзақ уақыт бойы сақталады. Зерттеу жаңалығы сүтқышқылды өнімді С дәруменімен байыту мақсатында түйе сүтінен дайындалған құрт өніміне құрғақ ұнтақталған итмұрынды енгізу болып табылады. Зерттеу нәтижесінде құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрттың физика-химиялық көрсеткіштері, органолептикалық көрсеткіштері анықталды және 100 гр өнімдегі С дәруменнің мөлшері мен энергетикалық құндылығы есептелді.

Тірек сөздер: түйе сүті, ұлттық сүтқышқылды өнім, құрт, итмұрын, С дәрумені.

Мустафаева, А.К. Түйе сүтінен ұлттық сүтқышқылды өнімін өндіру технологиясын әзірлеу [Мәтін] / А.К. Мустафаева, Б. Калемшарив, А.Е. Жандаулова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.9-16. https://doi.org/10.55956/QKOR8581

Кіріспе. Қазіргі уақытта әлемде сүт нарығы белсенді дамып, шығарылатын өнімдердің ассортименті күннен-күнге кеңейуде. Алайда, экономикалық ақуалға және халықаралық жағдайдағы өзгерістерге байланысты сүт өндіру және өңдеу саласында сапалы өнім өндіруді қамтамасыз ететін жаңа тәсілдер мен әдістер әлі де қарастырылуда.

Қазақстанның төрттен бір бөлігі жазық дала, қалған төрттен бірі тау бөктеріндегі аудандар ретінде сипатталады, ал жартысы еліміздің түйе шаруашылығы ерекше рөл атқаратын шөл және шөлейт аумақтар ретінде қарастырылады. 2023 жылдың соңындағы жағдай бойынша Қазақстанда түйе басының саны 61614 мыңнан асты және түйе сүтін экспортқа бағыттайтын бағдарланған өнімге өнеркәсіптік өңдеуді реттеу қажеттілігі туындап отыр. Қазақстан үшін саланы одан әрі дамыту үшін негізгі міндет ретінде қазіргі уақытта төмен деңгейде қарастырылатын түйе сүтін өнеркәсіптік өңдеу және

өндіру қажет. Түйе сүтін өндіру, одан ірімшік пен йогурт сияқты өнімдерді дайындау мен тұтыну соңғы жылдары айтарлықтай өсіп келе жатыр [1].

Түйе сүті ауылшаруашылық жануарларының басқа түрлерінің сүтінен химиялық құрамымен, тағамдық және емдік қасиеттерімен ерекшеленеді. Түйе сүтінде сиыр сүтіне қарағанда С дәрумені 3 есе, темір 10 есе, сондай-ақ қанықпаған май қышқылдары, В дәрумендері және минералды заттар бар. Түйе сүтінің ҚМСҚ-ның орташа химиялық құрамы – 8,2%, майлар – 3,5%, ақуыздар – 2,9% (оның ішінде казеин – 2,5%), көмірсулар – 4,7%. Түйе сүті сонымен қатар кальций, фосфор және майда еритін дәрумендердің бай көзі болып табылады [2]. Иммуниттеті қалыптастыру, қабынуға қарсы, апоптотикалық және диабетке қарсы қасиеттерімен танымал түйе сүті табиғи пайдалы тағам болып есептелінеді. Оның құрамындағы β-казеиннің жоғары құрамымен, әртүрлі бөлінетін антиденелермен оңай сіңеді және сиыр сүтімен салыстырғанда бактериялар мен вирустарға қарсы тұра алады. Түйе сүтіндегі β-казеині аллергия тудырмайды және жақсы сіңеді. Өйткені, ол ішектегі ас қорыту гидролизіне сезімтал болып келеді, сондықтан, β-казеиннің жоғары деңгейіне сәйкес түйе сүтін адам денсаулығына пайдалыболады [3].

Қазақтың ұлттық тағамдары – сан ғасырлардан бері қалыптасқан дәстүрлі ас мәзірі. Көшпенділердің күнделікті тағам мәзірі денсаулыққа өте пайдалы және қазаққа ғана тән қонақжайлылығымен, кеңдігімен ерекшеленеді. Қазақ ұлттық тағамдардың құрамындағы басты құрамдас бөлігіне байланысты 4 топқа бөлінеді: ұннан жасалған тағамдар, дақылдардан жасалатын тағамдар, ет тағамдар және сүт тағамдары болып бөлінеді.

Құрт – қазақ ұлттық өнімнің бірі болып табылады. Ол сиыр, қой немесе ешкі сүтін таза сүтқышқылды стрептоккок дақылдарымен ұйытып, сарысуды ұйытындыдан бөліп алып, ары қарай кептіреді.

Майдың массалық үлесі 0,6% болатын қалыпқа келтірілген сүтті 80-85°С температурада 10-20 минут ұстай отырып пастерленеді және 32-34°С дейін салқындатылады, 5% мөлшерінде ұйытқы енгізіледі және ұйытқан кезде қышқылдығын 75-76°Т дейін жеткізеді. Содан кейін сүзбені 38-42°С-қа дейін жылытып, сарысудың бөлінуін тездету үшін 20-30 минут ұстайды, сарысуды бөліп алып, ылғалдылығы 76-80% сүзбені 3-5 сағат престейді. Егер тұздалған құрт дайындалатын болса, онда сүзбені кептірмес бұрын тұздайды. Содан кейін құртты 20-60 г кесектерге пішіндейді және арнайы кептіру камераларында 35-40°С температурада кептіреді. Дайын өнімде майдың массалық үлесі 12% кем емес, ылғалдылығы 17%, тұз 2,5% аспайды; ал қышқылдығы 400°Т аспау керек. Майлы құртты сақтау мерзімі 3 айдан, ал майсыз құртты сақтау мерзімі 9 айдан аспайды.

Ұлттық өнім құрт үш түрге бөлінеді:

– тұздалған, кептірілген сүзбені тұз қосып, содан соң шар немесе цилиндрлі пішінде формалап кептіреді;

– қайнатылған, кептірілген сүзбені 2-3 сағат қайнатып, содан шар немесе цилиндрлі пішінде формалап кептіреді;

– қайнатылған паста тәріздес сорпаға қосуға арналған езбе құрт [4].

Итмұрын (Rosa canina L.) әлемнің барлық аймақтарында, соның ішінде Еуропада, Африкада, Орталық Және Батыс Азияда және Ресейде климат пен топырақ талаптары бойынша селективті емес сипатына байланысты өсіріледі. Қазақстанда итмұрынның 25 түрі кездеседі, оның төртеуі эндемик болып табылады. Итмұрын Қазақстанның Шығыс шағын шоқыларында, Қаратауда, Батыс Тянь-Шань аймақтарында кездеседі. Олар Rosaceae тұқымдасына

жататын көпжылдық өсімдіктер. Rosa көптеген түрлері мен сорттары бар. Олардың жемістерінде аскорбин қышқылынан басқа Р, B_1, B_2, А, К, Е дәрумендері, қанттар, илік заттар, пектиндер, органикалық қышқылдар, флавоноидтар, пигменттер, темір, марганец, фосфор, магний және кальций тұздары бар [5].

Итмұрын құрамындағы аскорбин қышқылы тотықсыздандырылған және кері тотыққан түрінде болады. Ағзаға түскеннен кейін ол ферментативті процестерге қатысады, зат алмасуды ынталандырады, инфекцияға төзімділігін арттырады, жұмыс қабілетін арттырады. Итмұрынның тағы бір емдік қасиеті – оның қанның ұю жүйесіне әсері [6].

С дәрумені, яғни аскорбин қышқылы жасуша метаболизмінің әртүрлі химиялық реакцияларында маңызды функцияларды орындайтын дәруменнің бірі. С дәруменінің жетіспеушілігінен цинга ауруына шалдығуы мүмкін. Сонымен қатар, С дәруменінің жетіпеушілігі инфекциялар, семіздік, жүрек-қан тамырлар жүйесінің аурулары, қант диабеті, сүйек аурулары, тері ауруларына алып келу мүмкін [7].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысандары – түйе сүті, сиыр сүті, кептіріліп ұнтақталған итмұрын және дайын өнім құрт. Тәжірибелік зерттеу жұмыстары «Сүт өнімдерін қайта өңдеуге арналған тәжірибелік өндіріс» цехында жасалды.

Зерттеу нысаны ретінде түйе сүті (Қызылорда), сиыр сүті және құрт өнімі алынды. Сүттің әр үлгісін 200 мл бұрандалы қақпағы бар стерильді пластмасс бөтелкеге асептикалық түрде жиналып, 4°С температурасында тоңазытқыш сөмкесінде дереу зертханаға жеткізілді.

С дәруменін байыту мақсатында өсімдіктекті шикізат итмұрын алынды. Себебі, ересек адамдардың күнделікті С дәруменін тұтынуы тәулігіне 65-139 мг-ға дейін болады.

Зерттеу әдістері: сүттің физика-химиялық көрсеткіштері, ылғалдылық пен құрғақ затты анықтау әдістері (МЕМСТ 17626-81), қышқылдылықты анықтау әдістері (МЕМСТ 3626-73), С дәруменнің массалық үлесін (МЕМСТ 30627.2-98) анықтау, сонымен қатар, құрт өнімінің энергетикалық құндылығын есептеу. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетіндегі зертханасында дайын өнімнің ылғалдығы мен қышқылдылығы анықталды. Ал дайын өніміндегі С дәруменнің мөлшері Алматы технологиялық университетінің зертханасында зерттелді.

Дайын өнімге дегустация жасалынды. Дегустацияға 10 дегустатор шақырылып, органолептикалық көрсеткіштері бағаланды. Дегустацияға дайын өнімнің 6 үлгісі алынды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу кезінде С дәруменімен байыту мақсатында ұлттық сүтқышқылды өнімнің 6 түрлі үлгіде рецептурасы (1-кесте) және технологиялық сұлбасы дайындалды (1-сурет).

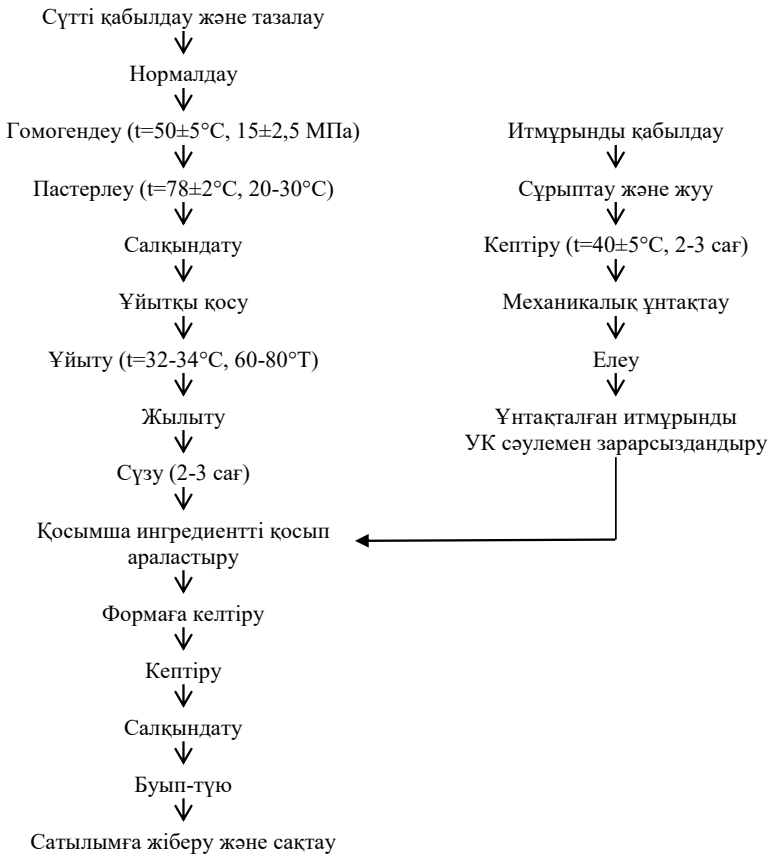
Кесте 1

Құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрттың рецептурасы (100 г), %

Шикізат атауы	Үлгілер					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Сиыр сүтінен жасалған сүзбе	98	95	93	-	-	-
Түйе сүтінен жасалған сүзбе	-	-	-	98	95	93
Құрғақ ұнтақталған итмұрын	-	3	5	-	3	5
Тұз	2	2	2	2	2	2
Барлығы	100	100	100	100	100	100

Органолептикалық көрсеткіштерге сәйкес С дәруменмен байыту мөлшеріне байланысты ең жақсы үлгі таңдалды.

1-суретте өсімдік тектес шикізат итмұрынмен байытылған ұлттық құрт өнімінің технологиясы көрсетілген.



Сурет 1. Ұнтақталған кептірілгін итмұрын қосылған құрт өндірісінің технологиясының сызбанұсқасы

Құрт 15°С-тан аспайтын температурада және ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 75%-дан аспайтын температурада майлы құрт – 1 айда, ал майсыздандырылған – 3 айда сақталуы тиіс.

Сүттің физика-химиялық көрсеткіштері 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2

Сүттің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Бақылау үлгісі (сиыр сүті)	І үлгі (майсыздандырылған түйе сүті)
Қышқылдылығы, °Т	18	19
Май, %	3,01	1,46
Құрғақ заттар, %	11,86	10,41
Құрғақ майсыздандырылған сүт қалдығы, %	8,85	8,95
Ақуыз, %	3,33	3,30
Тығыздығы, кг/м^3	1031,28	1033,18

Құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрт өнімінің органолептикалық көрсеткіштерін бағалау иісін, түсін, консистенциясын, сыртқы түрін анықтай отырып, дәм тату жолымен жүргізілді. 3-кестеде дайын өнімнің дегустациясының нәтижесі, яғни органолептикалық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 3

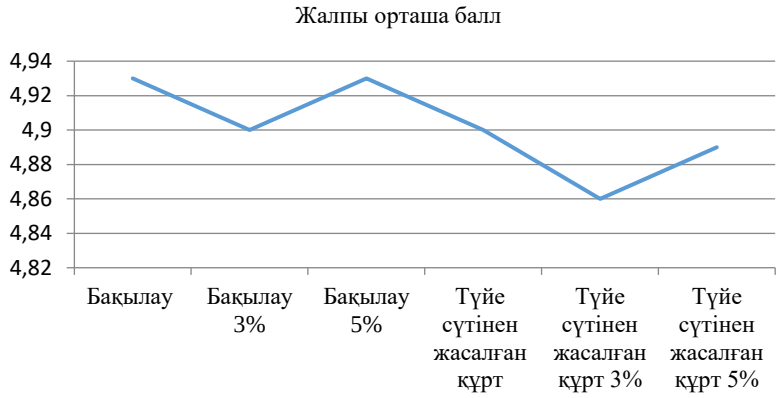
Құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрттың органолептикалық көрсеткіштері

Үлгілер	Сыртқы түрі мен консистенциясы	Дәмі мен иісі	Түсі
Бақылау үлгісі (қоспасыз)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды	Сүтті-ақ
Бақылау үлгісі (итмұрын 3 %)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды, итмұрынның дәмі білінбейді	Сарғыш
Бақылау үлгісі (итмұрын 5%)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды, итмұрынның дәмі әлсіздеу	Ашық қоңырқай
Түйе сүтінен жасалған құрт (қоспасыз)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды	Ақ
Түйе сүтінен жасалған құрт (итмұрын 3 %)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды, итмұрынның дәмі білінбейді	Сарғыш
Түйе сүтінен жасалған құрт (құрғақ итмұрын 5%)	Салмағы 2-60 гр дейін шар тәріздес. Біркелкі емес пішіндерге, ойықтарға және дөңгелек жиектерге рұқсат етіледі. Қатты және құрғақ	Қышқылды және орташа тұзды, итмұрынның дәмі әлсіздеу	Ашық қоңырқай

Органолептикалық көрсеткіштер 5 баллдық жүйемен бағаланды. Жалпы баллдық бағалау кезінде жоғарғы баллмен (4,9 және 4,89) құрамында 5% құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрт бағаланды (2-сурет). Бақылау үлгісі дәмі мен иісі 4,9 және 4,5 баллмен бағаланды; құрамында және 5% құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрт 4,7 және 4,7 балл алды.

Органолептикалық көрсеткіштерге және С дәруменің мөлшеріне байланысты 6 үлгі таңдалды.

Ұнтақталған итмұрын қосылған 100 г құртта май 12,1 г, ақуыз 53,2 г, көмірсу 17,4 г, ал энергетикалық құндылығы 391,3 ккал немесе 1637,2 кДж құрайды.



Сурет 2. Құрғақ ұнтақталған итмұрын қосылған құрттың органолептикалық баллдық бағалау көрсеткіштері

4-кестеде МЕМСТ 17626-81 және МЕМСТ 3626-73 әдістері бойынша дайын өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері анықталды.

Кесте 4

Құрттың физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштердің атауы	Бақылау үлгісі (қоспасыз)	Бақылау үлгісі (итмұрын 5%)	Түйе сүтінен жасалған құрт (итмұрын 5%)
Қышқылдылығы, °Т	320	330	350
Ылғалдылығы, %	15	17	17

МЕМСТ 30627.2-98 бойынша колориметриялық әдіс арқылы 100 гр дайын өнімнің С дәруменнің мөлшері анықталды (5-кесте).

Кесте 5

100 г өнімдергі С дәруменнің мөлшері

Көрсеткіштің атауы	Бақылау үлгісі (қоспасыз)	Бақылау үлгісі (итмұрын 5%)	Түйе сүтінен жасалған құрт (итмұрын 5%)
С дәруменнің мөлшері, мг/100 г	1,13±0,03	8,125±0,19	11,754±0,24

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша қорытындылай келе дайын өнімнің сапасын сақтау, сонымен қатар дайын өнімнің тағамдық құндылығын арттыру және С дәруменімен байыту үшін өндіріске кептірілген ұнтақталған итмұрынды енгізу мүмкіндігі зерттелді; кептірілген және ұнтақталған итмұрын қосылған құрт өндіру технологиясы әзірленді; МЕМСТ 17626-81 және МЕМСТ 3626-73 талаптарына сәйкес құрт өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері анықталды; дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштері, тағамдық және энергетикалық құндылығы есептелді. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, ұсынылып отырған С дәруменімен байытылған ұлттық құрт өнімі жалпыға тұтынауға ұсынылған табиғи өнім болып саналады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ұлттық статистика бюросы [Электрондық ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://stat.gov.kz/official/industry. Пайдалану күні: 23.02.24.
2. Abdelmoneim H. Ali, Basim Abu-Jdayil, Gafar Bamigbade, Afaf Kamal-Eldin, Fathalla Hamed, Thom Huppertz, Shao-Quan Liu, Mutamed Ayyash, Properties of Low-Fat Cheddar Cheese Prepared from Bovine-Camel Milk Blends: Chemical Composition, Microstructure, Rheology and Volatile Compounds //Journal of Dairy Science. – 2023. – P. 1-2.
3. Abdelmoneim H. Ali, Siqi Li, Shao-Quan Liu, Ren-You Gan, Hua-Bin Li, Afaf Kamal-Eldin, Mutamed Ayyash, INVITED REVIEW: Camel Milk and Gut Health: Understanding Digestibility and the Impact on Gut Microbiota //Journal of Dairy Science. – 2023. – P. 1-2.
4. Крючкова, В.В. Технология молока и молочных продуктов [Текст]: учебное пособие / В.В. Крючкова. – Персиановский: Донской ГАУ. – 2018. – 115 с.
5. Sahingil D., Hayaloglu A.A. Enrichment of antioxidant activity, phenolic compounds, volatile composition and sensory properties of yogurt with rosehip (Rosa canina L.) fortification //International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2022. – Vol. 28. – P. 1-3.
6. Ториков, В.Е. Культивируемые и дикорастущие лекарственные растения [Текст]: монография / В.Е. Ториков, И.И. Мешков. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 111-113 с.
7. Begüm Hatice Tuna, Murat Gürbüz, Halime Uğur, Jale Çatak, Mustafa Yaman, Vitamin C bioaccessibility of commercially available dietary supplements: Quantity vs efficiency, does it matter? //Journal of Food Composition and Analysis. – 2023. – Vol. 123. – P. 1-4.

Материал редакцияға 15.04.24 түсті.

А.К. Мустафаева[1], Б. Калемшарив[1], А.Е. Жандаулова[1]

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА ИЗ ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА

Аннотация. В данной статье разработана технология использования растительного сырья при производстве национального молочнокислого продукта из верблюжьего молока с целью обогащения витамином С. Основными материалами исследования послужили верблюжье молоко и плоды шиповника, произрастающие в Восточном Казахстане. В качестве растительного сырья использовали сухие молотые плоды шиповника. Ценность плодов шиповника как источника витаминов, в первую очередь аскорбиновой кислоты, заключается не только в большом количестве витамина С, которого в 10 раз больше, чем в яблоках, но и в длительном хранении этого вещества в сушеных ягодах. Новизной исследования является введение сухих молотых плодов шиповника в национальный молочнокислый продукт из верблюжьего молока с целью обогащения витамином С. В результате исследований рассчитаны физико-химические показатели, органолептические показатели, количество витамина С в 100 г продукта и энергетическая ценность курта с сухим молотым плодом шиповника.

Ключевые слова: верблюжье молоко, национальный кисломолочный продукт, курт, шиповник, витамин С.

A.K. Mustafayeva[1], B. Kalemshariv[1], A.E. Zhandaulova[1]

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

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NATIONAL FERMENTED MILK PRODUCT FROM CAMEL MILK

Abstract. In this article, the technology of using plant raw materials in the production of the national lactic acid product from camel milk for the purpose of enrichment with vitamin C was developed. The main materials of the research were camel milk and rose hips growing in East Kazakhstan. Dry ground rose hips were taken as plant raw material. The value of rose hips as a source of vitamins, primarily ascorbic acid, is not only in the high amount of vitamin C, which is 10 times more than in apples, but also in the long-term storage of this substance in dried berries. The novelty of this study is the introduction of dry ground rose hips into the national lactic acid product from camel milk for the purpose of vitamin C enrichment. As a result of the research, the physico-chemical indicators, organoleptic indicators, the amount of vitamin C in 100 g of the product and the energy value of the kurt with dry ground rose hips were calculated.

Keywords: camel milk, national lactic acid product, kurt, rose hip, vitamin C.

References

1. Bureau of National Statistics [Electronic resource]. – Access mode: https://stat.gov.kz/official/industry. Date of access: 23.02.24, [in Kazakh].
2. Abdelmoneim H. Ali, Basim Abu-Jdayil, Gafar Bamigbade, Afaf Kamal-Eldin, Fathalla Hamed, Thom Huppertz, Shao-Quan Liu, Mutamed Ayyash, Properties of Low-Fat Cheddar Cheese Prepared from Bovine-Camel Milk Blends: Chemical Composition, Microstructure, Rheology and Volatile Compounds //Journal of Dairy Science. – 2023. – P. 1-2.
3. Abdelmoneim H. Ali, Siqi Li, Shao-Quan Liu, Ren-You Gan, Hua-Bin Li, Afaf Kamal-Eldin, Mutamed Ayyash, INVITED REVIEW: Camel Milk and Gut Health: Understanding Digestibility and the Impact on Gut Microbiota //Journal of Dairy Science. – 2023. – P. 1-2.
4. Kryuchkova, V.V. Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov [Technology of milk and dairy products]: textbook. – Persianovsky: Donskoy SAU. – 2018. – 115 p., [in Russian].
5. Sahingil D., Hayaloglu A.A. Enrichment of antioxidant activity, phenolic compounds, volatile composition and sensory properties of yogurt with rosehip (Rosa canina L.) fortification //International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2022. – Vol. 28. – P. 1-3.
6. Torikov, V.Ye., Meshkov, I.I. Kul'tiviruyemyye i dikorastushchiye lekarstvennyye rasteniya [Cultivated and wild medicinal plants]: monograph. – 2nd ed. – St. Petersburg: Lan, 2023. – 111-113 p., [in Russian].
7. Begüm Hatice Tuna, Murat Gürbüz, Halime Uğur, Jale Çatak, Mustafa Yaman, Vitamin C bioaccessibility of commercially available dietary supplements: Quantity vs efficiency, does it matter? // Journal of Food Composition and Analysis. – 2023. – Vol. 123. – P. 1-4.

МРНТИ 65.59.03

С.Р. Казиханова[1] – *основной автор*, ©
К.К. Ашимова[2], С.А. Ашимов[3], Л.А. Каимбаева[4], А.Б. Абжалиева[5], С.М. Имбай[6]

[1]Канд. с.-х. наук, ст. преподаватель, [2,3]Канд. ветеринар. наук, доцент, [4]Д-р техн. наук, профессор, [5]PhD, ст. преподаватель, [6]Канд. с.-х. наук, доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-5625-6027 [4]https://orcid.org/0000-0002-5251-8026 [5]https://orcid.org/0000-0002-5462-8261*

[1,2,3,6]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
[4,5]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан

@ *[1]saulerfp877@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/YQIW4448

ИЗУЧЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ, ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ И СЕНСОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЯСА ОВЕЦ ПОРОДЫ ДОРПЕР

Аннотация. В статье поставлена цель: изучить мясную продуктивность, пищевую ценность, гистологические и сенсорные показатели мяса овец породы Дорпер в сравнительном аспекте. Приведены данные убойных показателей и оценки качества мяса на гистологическом уровне. Увеличение количества соединительной ткани приводит к снижению вкусовых качеств мяса овец и его пищевой ценности. Изучение диаметра мышечных волокон показало, что в мясе овец породы Дорпер данный показатель меньше, чем в мясе овец породы Меринос. Это объясняется более нежной консистенцией мяса овец породы Дорпер, чем овец породы Меринос. В целом, изучение и анализ мясной продуктивности, пищевой ценности, гистологических и сенсорных показателей мяса овец породы Дорпер, выращенных в условиях Северно-Казахстанского региона показали, что его можно применять в производстве высококачественных мясных продуктов, в том числе национальных варено-копченых изделий.

Ключевые слова: мясная продуктивность, химический состав мяса, гистологические исследования, микроструктура, сенсорный анализ, убойный выход.

Казиханова, С.Р. Изучение пищевой ценности, гистологических и сенсорных показателей мяса овец породы Дорпер [Текст] / С.Р. Казиханова, К.К. Ашимова, С.А. Ашимов, Л.А. Каимбаева, А.Б. Абжалиева, С.М. Имбай //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.17-24. https://doi.org/10.55956/YQIW4448

Введение. В 1930-х годах овец породы Дорсет разводили в Южной Африке. Для их создания Дорсет-хорн был скрещен с черноголовым персом. В результате слияния этих двух пород и появилось название Дорпер.

Потребность в породе овец, пригодной для производства убойных ягнят в неблагоприятных условиях засушливых, обширных регионов Южной Африки, привела к созданию породы Дорпер в начале 1940-х гг. Создатели

новой комбинированной породы стремились объединить выносливость черноголового перса со способностью к производству баранины Дорс-хорна.

Первоначальные скрещивания и ранняя история породы хорошо задокументированы [1-3]. Выносливость и приспособляемость Дорперов привели к быстрому росту их популярности. Хотя точная численность Дорперов неизвестна, поголовье нешерстных овец в Южной Африке заметно выросло с примерно 4,5 миллионов в конце 1960-х годов до примерно 7,0 миллионов в начале 1990-х. Более чем вероятно, что увеличение поголовья Дорперов в значительной степени способствовало этому росту, который произошел в основном за счет шерстных овец. Эта порода стала второй по величине в Южной Африке, а племенное поголовье также экспортировалось в другие страны. Сегодня Дорперов можно встретить по всей южной и центральной Африке, в пустынных районах Северной Африки и Ближнего Востока, а также на других континентах, в частности в Северной Америке и Австралии [4-7].

Дорпер способен противостоять обезвоживанию и быстро восполнять потери массы тела, когда вода становится доступной. Эта способность овец дорпер позволяет им адаптироваться к засушливым регионам, где доступность воды оказывается препятствием. Порода также адаптируется к регионам с умеренным климатом и широко используется в системах ускоренного созревания. Овцы породы Дорпер и Дорперкросс присутствовали на всех средних фермах в Замбии. Несмотря на свою популярность, научные отчеты о дорперских овцах разбросаны по ряду научных и полунаучных журналов по всему миру. Некоторые из этих литературных источников недоступны для всех ученых. Более того, оценки генетических параметров в породе овец Дорпер скудны [4-7].

Овцы породы Дорпер завоевали популярность благодаря своей неприхотливости в уходе и выносливости, и в 1950 году было создано общество селекционеров овец породы дорпер Южной Африки. Благодаря своему происхождению в Южной Африке, порода хорошо приспособлена к полузасушливым условиям и менее разборчива в еде, чем другие породы. Дорперы экспортируются в разные страны и популярны в Австралии. Даже в таких влажных районах, как Новая Зеландия и Тасмания, они процветают. Помимо экспорта в США, эта порода также экспортировалась в Европу [1-7].

Помимо черноголовых (Дорпер), в породе встречаются и белоголовые (белый Дорпер). Дорпер безрогий, с хорошей длиной тела, с коротким, светлым покровом шерсти и волос. Интервалы между ягнениями могут достигать восьми месяцев. За два года при хороших кормовых условиях овца дорперской породы может ягниться три раза. Тонкий слой жира равномерно распределен по всему телу. В среднем за год Дорперская овца приносит 1-2 ягненка. Помимо быстрого роста, ягнята Дорперской породы достигают высокого веса при отъеме, что также является экономически важной характеристикой [1-7].

Ягнята быстро набирают вес, рано созревают и могут быть спарены примерно в девятимесячном возрасте. Бараны достигают зрелости рано и начинают набирать вес после пяти месяцев [1-7].

Овцы породы Дорпер были завезены в Республику Казахстан в 2016 году. В Казахстане эта порода является новой, и имеется лишь небольшая информация о ее скрещивании с другими породами.

В настоящее время отдельные фермерские хозяйства в Казахстане занимаются скрещиванием овец породы Дорпер. Живая масса взрослого

барана породы Дорпер достигает 140 кг. Взрослая овцематка достигает 95 кг живого веса, при выходе мяса 55%, но при этом курдюк отсутствует. Мясо отличается мраморностью, с тонкой жировой прослойкой. Мясо ягнят овец породы Дорпер пользуется спросом во всём мире, не имеет специфического запаха, присущего баранине. Разведение овец породы Дорпер обладает большой экономической эффективностью и рентабельностью, с учетом высокой мясной продуктивности.

Целью работы является изучение мясной продуктивности, пищевой ценности, гистологических и сенсорных показателей мяса овец породы Дорпер, выращенных в условиях Северно-Казахстанского региона.

Условия и методы исследования. Объектом исследований являлись овцы породы Дорпер. Контролем служили овцы породы Меринос. В работе определяли химический состав мяса по стандартной методике [8].

Изучена гистология мышечной ткани отрубов туш овец обеих пород. Для этого отбирали по 3 головы овец в возрасте 5 месяцев и проводили контрольный убой согласно методике оценки мясной продуктивности овец. Овец содержали в одинаковых условиях содержания и кормления.

pH каждого образца мяса овец измеряли в двух экземплярах с помощью ручного pH-метра с проникающим стеклянным электродом. Перед измерением pH-метр был откалиброван с использованием буферов pH 10,0, 7,0 и 4,0. pH-электрод промывали дистиллированной водой и протирали насухо между образцами.

Для объективной оценки цвета отбивным баранине давали настояться в течение 30 мин, а цвет отбивных (только нежирной части) измеряли с помощью системы CIE L^* (светлота), a^* (краснота) и b^* (желтизна) с помощью колориметра (CR-400, Minolta, Осака, Япония). Калибровка колориметра проводилась с использованием белой керамической плитки, предоставленной производителем.

Для изучения параметров мясной продуктивности из охлажденного мяса отрубов 1 сорта (лопаточно-спинного, поясничного, тазобедренного) отбирали биоматериал для исследования гистологии. Использовано следующее оборудование: микротом МС с охладителем, микроскопы монокулярные (МБИ-1) и бинокулярные.

Морфологию мышечной ткани проводили методом препарирования, получали за замораживающем микротоме гистологические срезы толщиной 5-7 мкм. Окраску гистосрезов проводили красителями Гематоксилином Карраччи и Суданом III [8-10].

Количество мышечных волокон, мраморность, содержание соединительной ткани изучали на горизонтальных срезах. Диаметр мышечных волокон изучали на вертикальных срезах.

Диаметр мышечных волокон, фиксацию, приготовление поперечных срезов мышечной ткани и окрашивание проводили по методике Кулакова Б.С., Завгородней Г.В., Дмитрик И.И. В каждом образце мышечной ткани брали по 100 мышечных волокон и измеряли под микроскопом [8-10].

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время для получения баранины убой животного проводится в год его рождения. Ягнятина и молодая баранина, производимые в этот возрастной период, имеют более высокое качество и хорошие вкусовые характеристики. Для изучения мясной продуктивности был произведен убой подопытных овец пород Дорпер и Меринос. Результаты контрольного убоя представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Мясные качества мяса овец пород Дорпер и Меринос

Показатели	Породы	
	Дорпер	Меринос
Живая масса перед убоем, кг	40,12	31,23
Масса парной туши, кг	17,56	12,35
Убойная масса, кг	17,93	12,43
Убойный выход, %	45,32	39,85

Сравнительное изучение особенностей мясной продуктивности молодняка овец пород Дорпер и Меринос показало (табл. 1), что по мясным качествам превосходство наблюдалось у овец породы Дорпер по следующим показателям:

- живая масса на 8,89 кг;
- масса парной туши на 5,21 кг;
- убойная масса на 5,5 кг;
- убойный выход на 5,47%.

Таблица 2

Сенсорные показатели мяса овец пород Дорпер и Меринос, pH и потери при кулинарной обработке, %

Показатели	Породы	
	Дорпер	Меринос
Цвет L*	52,26	50,68
Цвет a*	11,92	12,34
Цвет b*	5,63	5,85
Потери при кулинарной обработке, %	13,43	14,48
pH, ед	5,94	5,86

Важнейшим показателем качества мяса является его цветность. Изучение цветности мяса овец обеих пород показало, что по цвету L* в мясе породы Дорпер значение данного показателя выше на 1,58 ед, а по цвету a* – на 0,42 ед. По цвету b* значения незначительно отличаются – на 0,42 ед в пользу мяса овец породы Меринос. Показатель pH в мясе овец породы Дорпер незначительно больше на 0,08 ед. Потери при кулинарной обработке в мясе овец породы Меринос составляют на 1,05 % больше, чем в мясе овец породы Дорпер (табл. 2).

Анализ данных химического состава в таблице 3 показал, что белка в мясе овец Дорпер больше чем в мясе Меринос на 0,37%, а жира, наоборот, меньше на 0,74%. Количество золы и углеводов практически одинаково. При подсчете энергетической ценности мяса овец обеих пород установлено, что мясо овец породы Дорпер менее калорийно, чем мясо овец породы Меринос – на 5,22 ккал на 100 г.

Таблица 3

Химический состав мяса овец пород Дорпер и Меринос, %

Показатели	Породы	
	Дорпер	Меринос
Влага	71,23	70,85
Белок	21,26	20,89
Жир	5,46	6,2
Зола	0,90	0,91
Углеводы	1,15	1,15
Калорийность, ккал на 100 г	138,74	143,96

Характеристика мясной продуктивности состоит не только из показателей убойного выхода и морфологического состава туш. Большое значение имеет изучение микроструктурного состава мяса, которое характеризует качество. В связи с этим при обвалке туш взяты образцы мышечной ткани с отрубов мяса овец 1 сорта обеих пород для определения гистологических показателей. Результаты микроструктурного анализа мяса овец породы Дорпер и Меринос показан в таблице 4.

Таблица 4

Микроструктурный анализ мяса овец породы мяса овец пород Дорпер и Меринос

Показатели	Породы					
	Дорпер			Меринос		
	лопаточно-спинной	поясничный	тазобедренный	лопаточно-спинной	поясничный	тазобедренный
Масса, кг	4,1 ±0,31	0,96 ±0,05	2,6 ±0,30	2,35 ±0,21	0,75 ±0,12	1,87 ±0,15
Количество мышечных волокон, шт на 1 кв мм	431,67 ±10,14	382,58 ±9,86	425,76 ±9,45	425,13 ±11,12	361,78 ±10,32	392,54 ±10,23
Диаметр мышечного волокна, мкм	29,12 ±0,82	30,12 ±0,92	31,54 ±0,92	35,31 ±1,23	32,87 ±1,14	32,56 ±1,15
Оценка «мраморности», балл	37,38 ±0,92	36,65 ±0,98	36,76 ±1,1	32,56 ±1,95	30,12 ±0,91	25,86 ±1,86
% соединительной ткани	9,4	9,87	10,9	10,8	12,1	11,9

Анализируя полученные данные следует отметить, что отруба туш овец породы Дорпер имели превосходство по массе во всех отрубах: лопаточном – на 1,75 кг, поясничном – на 0,21 кг, тазобедренном – на 0,73 кг.

Качественный анализ содержания мышечной и соединительной ткани в отрубах изучаемых пород овец показал, что соединительнотканной части у овец породы Меринос больше, чем у овец породы Дорпер. Так, в лопаточно-спинном отрубе больше на 1,4%; поясничном – на 2,23%; в тазобедренном – на 1%.

При подсчете количества мышечных волокон в мясе овец лопаточно-спинного, поясничного и тазобедренного отрубов обеих пород выявлены следующие показатели: в мясе овец породы Дорпер оказалось больше мышечных волокон, чем в мясе овец породы Меринос на 6,5; 20,8; 33,22 шт на 1 кв мм.

Изучение диаметра мышечных волокон показало, что в мясе овец породы Дорпер данный показатель меньше, чем в мясе овец породы Меринос: в лопаточно-спинном на 6,19; в поясничном на 2,75; в тазобедренном на 1,02 мкм.

Сравнительное изучение особенностей мясной продуктивности молодняка овец пород Дорпер и Меринос показало, что по мясным качествам превосходство наблюдалось у овец породы Дорпер по следующим показателям: живая масса; масса парной туши; убойная масса; убойный выход. Изучение цветности мяса овец обеих изучаемых пород показало, что значения цветов L*, a*, b* значительно отличаются в пользу мяса овец породы Дорпер. Качественный анализ содержания мышечной и соединительной ткани в отрубах изучаемых пород овец показал, что соединительнотканной части у овец породы Меринос больше, чем у овец породы Дорпер. Так, в лопаточно-спинном отрубе больше на 1,4%; поясничном – на 2,23%; в тазобедренном – на 1%. Приведенные данные подтверждают предположение о связи нежности мяса с количеством соединительной ткани. Увеличение количества соединительной ткани приводит к снижению вкусовых качеств мяса овец и его пищевой ценности. Изучение диаметра мышечных волокон показало, что в мясе овец породы Дорпер данный показатель меньше, чем в мясе овец породы Меринос. Это объясняется более нежной консистенцией мяса овец породы Дорпер, чем у мяса овец породы Меринос.

Заключение. В целом, изучение и анализ результатов исследований мясной продуктивности, пищевой ценности, гистологических и сенсорных показателей мяса овец породы Дорпер, выращенных в условиях Северно-Казахстанского региона показали, что его можно применять в производстве высококачественных мясных продуктов, в том числе национальных варено-копченых изделий.

Список литературы

1. Sergeeva N.V. Dorper – a promising meat breed of sheep //Animal husbandry of the south of Russ. – 2016. – Vol. 7. – No. 17. – P. 19-21.
2. Pogodaev V.A., Arilov A.N., Aduchiev B.K. Productivity And Hematological Indices Of Sheep Based On Dorper Crossbred Res. //J. of Pharmac., Biol.l and Chem. Sci. – 2018. – Vol. 9 (3). – P. 765-9.
3. Cloete S.W.P., Snyman M.A. and Herselman M.J. Productive performance of Dorper sheep //Small Ruminant Research. – 2000. – Vol. 36(2). – P. 119-135.
4. Malhado C.H.M., Carneiro P.L.S., Affonso P.R.A. M., Souza Jr A.A.O., Sarmento J.L.R. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês //Small Ruminant Research. – 2009. – Vol. 84. – No. 1-3. – P. 16-21.
5. Pogodaev V.A., Aduchiev B.K., Marchenko V.V. Dynamics The Blood Morphological Parameters Of Crossbred Young Sheep, Obtained With Using Ram Of Dorper Breed Res. //J. of Pharmac., Biol. and Chem. Sci. – 2018. – Vol. 9(4). – P. 671-5
6. Souza D.A., Selaive-Villarroel A.B., Pereira E.S. Growth performance, feed efficiency and carcass characteristics of lambs produced from Dorper sheep crossed

with Santa Inês or Brazilian Somali sheep //Small Ruminant Res. – 2013. – Vol. 114(1). – P. 51-5.
7. Tsegay T., Yoseph M., Mengistu U. Comparative evaluation of growth and carcass traits of indigenous and crossbred (Dorper × Indigenous) Ethiopian Sheep //Small Ruminant Res. – 2013. – Vol. 114(2-3). – P. 247-52.
8. Косилов, В.И. Мясная продуктивность молодняка овец разных пород на Южном Урале [Текст] / В.И. Косилов, П.Н. Шкилёв, И.Р. Газеев //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3 (27). – С. 95-97.
9. Кубатбеков, Т.С. Рост, развитие и продуктивные качества овец [Текст] / Т.С. Кубатбеков, В.И. Косилов, С.Ш. Мамаев [и др.]. – Москва, 2016. – 196 с.
10. Косилов, В.И. Продуктивные качества овец разных пород на Южном Урале [Текст] / В.И. Косилов, П.Н. Шкилев, Е.А. Никонова [и др.]. – Москва-Оренбург, 2014. – 452 с.

Научно-исследовательская работа проводится по бюджетной программе 217 «Развитие науки» Комитета науки МОН РК на 2023-2025 годы в рамках проекта ИРН BR21882201 по теме: «Улучшение мясной продуктивности курдючных овец новыми методами селекции, генетики и биотехнологии». Выражаем благодарность крестьянским хозяйствам, в которых проводили научные исследования.

Материал поступил в редакцию 28.05.24.

С.Р. Қазиханова[1], К.К. Әшімова[1], С.А. Әшімов[1],
Л.А. Қайымбаева[2], А.Б. Абжалиева[2], С.М. Имбай[1]

[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

ДОРПЕР ТҰҚЫМДЫ ҚОЙ ЕТІНІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН, ГИСТОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ СЕНСОРЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты: Дорпер тұқымды қой етінің өнімділігін, тағамдық құндылығын, гистологиялық және сенсорлық көрсеткіштерін салыстырмалы түрде зерттеу. Мақалада сою көрсеткіштері мен ет сапасын гистологиялық деңгейде бағалау деректері келтірілген. Дәнекер тіннің көбеюі қой етінің дәмі мен тағамдық құндылығының төмендеуіне әкеледі. Бұлшықет талшықтарының диаметрін зерттеу көрсеткендей, Дорпер тұқымды қой етінде бұл көрсеткіш Меринос тұқымды қой етіне қарағанда аз. Бұл Меринос қойының етіне қарағанда Дорпер қой етінің нәзік консистенциясына байланысты. Жалпы, Солтүстік Қазақстан өңірі жағдайында өсірілген Дорпер тұқымды қой етінің ет өнімділігін, тағамдық құндылығын, гистологиялық және сенсорлық көрсеткіштерін зерделеу және талдау оны жоғары сапалы ет өнімдерін, оның ішінде ұлттық қайнатылған-ысталған өнімдерді өндіруде қолдануға болатындығын көрсетті.

Тірек сөздер: ет өнімділігі, ет химиясы, гистологиялық зерттеулер, микроқұрылым, сенсорлық талдау, сою өнімділігі.

S.R. Kazikhanova[1], K.K. Ashimova[1], S.A. Ashimov[1], L.A. Kaimbaeva[2], A.B. Abzhalieva[2], S.M. Imbai[1]

[1]Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan
[2]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF NUTRITIONAL VALUE, HISTOLOGICAL AND SENSORY PARAMETERS OF MEAT OF DORPER SHEEP BREED

Abstract. The article aims to study meat productivity, nutritional value, histological and sensory indicators of meat of Dorper sheep breed in comparative aspect. The data of slaughter indices and meat quality assessment at the histological level are given. The increase in the amount of connective tissue leads to a decrease in the flavour qualities of sheep meat and its nutritional value. The study of the diameter of muscle fibres showed that in the meat of Dorper sheep this index is less than in the meat of Merino sheep. This is explained by more delicate consistency of Dorper sheep meat than Merino sheep meat. In general, the study and analysis of meat productivity, nutritional value, histological and sensory indicators of Dorper sheep meat, grown in the conditions of North-Kazakhstan region showed that it can be used in the production of high-quality meat products, including national cooked-smoked products.

Keywords: meat productivity, chemical composition of meat, histological studies, microstructure, sensory analysis, slaughter yield.

References

1. Sergeeva N.V. Dorper – a promising meat breed of sheep //Animal husbandry of the south of Russ. – 2016. – Vol. 7. – No. 17. – P. 19-21.
2. Pogodaev V.A., Arilov A.N., Aduchiev B.K. Productivity And Hematological Indices Of Sheep Based On Dorper Crossbred Res. //J. of Pharmac., Biol.l and Chem. Sci. – 2018. – Vol. 9 (3). – P. 765-9.
3. Cloete S.W.P., Snyman M.A. and Herselman M.J. Productive performance of Dorper sheep //Small Ruminant Research. – 2000. – Vol. 36(2). – P. 119-135.
4. Malhado C.H.M., Carneiro P.L.S., Affonso P.R.A. M., Souza Jr A.A.O., Sarmento J.L.R. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês //Small Ruminant Research. – 2009. – Vol. 84. – No. 1-3. – P. 16-21.
5. Pogodaev V.A., Aduchiev B.K., Marchenko V.V. Dynamics The Blood Morphological Parameters Of Crossbred Young Sheep, Obtained With Using Ram Of Dorper Breed Res. //J. of Pharmac., Biol. and Chem. Sci. – 2018. – Vol. 9(4). – P. 671-5
6. Souza D.A., Selaive-Villarroel A.B., Pereira E.S. Growth performance, feed efficiency and carcass characteristics of lambs produced from Dorper sheep crossed with Santa Inês or Brazilian Somali sheep //Small Ruminant Res. – 2013. – Vol. 114(1). – P. 51-5.
7. Tsegay T., Yoseph M., Mengistu U. Comparative evaluation of growth and carcass traits of indigenous and crossbred (Dorper × Indigenous) Ethiopian Sheep //Small Ruminant Res. – 2013. – Vol. 114(2-3). – P. 247-52.
8. Kosilov V.I., Shkilov P.N., Gazeyev I.R. Myasnaya produktivnost' molodnyaka ovets raznykh porod na Yuzhnom Urale [Meat productivity of young sheep of different breeds in the Southern Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University], 2010. No. 3 (27). P. 95-97. [in Russian].
9. Kubatbekov T.S., Kosilov V.I., Mamayev S.SH. et al. Rost, razvitiye i produktivnyye kachestva ovets [Growth, development and productive qualities of sheep]. – Moscow, 2016. – 196 p. [in Russian].
10. Kosilov V.I., Shkilev P.N., Nikonova Ye.A. et al. Produktivnyye kachestva ovets raznykh porod na Yuzhnom Urale [Productive qualities of sheep of different breeds in the Southern Urals]. – Moscow-Orenburg, 2014. – 452 p. [in Russian].

МРНТИ 65.63.33

М.К. Алимарданова[1] – *основной автор*, ©
Ж.К. Имангалиева[2]

[1]*Академик, д-р техн. наук, профессор,* [2]*PhD, ст. преподаватель*

[1]*https://orcid.org/0000-0003-4861-7862* [2]*https://orcid.org/0000-0003-3419-7852*

[1,2]*Алматинский технологический университет,*

г. Алматы, Казахстан

[1]*alimardan.m.atu4@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LCYR5424

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ И ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ ТВОРОЖНОЙ ПАСТЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОВОЩНОГО ПЮРЕ

Аннотация. Авторы провели цикл исследований механической обработки на агрегате для тонкого измельчения творожной массы с разными зазорами ножей для получения тонко диспергированной пасты с добавлением овощных пюре. Изучены технологические параметры подготовки и внесения различных доз овощного пюре из тыквы. Систематический анализ аминокислотного состава творожной пасты с добавлением овощных пюре показал, что внесение овощных добавок положительно влияет на состав аминокислот, особенно на содержание незаменимых аминокислот в готовом продукте. Суммарное содержание аминокислот составило 12005 мг на 100 г в контрольном образце, в то время как в экспериментальных образцах это значение колебалось от 11537 до 12642 мг на 100 г. Увеличение суммарного содержания аминокислот варьировалось от 3,2% до 8,4% по сравнению с контрольным образцом в зависимости от величины зазора ножей на агрегате. Содержание незаменимых аминокислот увеличивалось на 7-8,1% в экспериментальных образцах по сравнению с контрольным образцом. Максимальное увеличение содержания незаменимых аминокислот (15,7 мг/100 г) было зафиксировано при использовании зазора в 1 мм. Полученные результаты подтверждают потенциал овощных пюре для модификации питательного состава и функциональных характеристик творожных продуктов.

Ключевые слова: творожная паста, пищевые волокна, биологическая ценность, аминокислотный состав, обогащение продуктов питания.

Алимарданова, М.К. Влияние механической обработки на аминокислотный и витаминный состав творожной пасты с добавлением овощного пюре [Текст] / М.К. Алимарданова, Ж.К. Имангалиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.25-33. https://doi.org/10.55956/LCYR5424

Введение. В современном обществе нарастающий интерес к здоровому образу жизни и сбалансированному питанию становится все более заметным. Рацион, обогащенный белками, аминокислотами и витаминами, играет ключевую роль в поддержании здоровья и оптимального функционирования организма. В этом контексте продукты, содержащие высокие концентрации белков и нутриентов, становятся предпочтительными среди потребителей [1,2].

Творог служит основой для создания разнообразных продуктов, одним из которых является творожная паста. Данный продукт характеризуется нежной консистенцией и широким спектром возможных добавок, включающих фрукты, ягоды, орехи и овощи. Творожная паста пользуется популярностью среди потребителей, в том числе среди тех, кто не предпочитает зернистый творог. Она является подходящим объектом для обогащения, особенно пищевыми волокнами, отсутствующими в основном ингредиенте – твороге [3].

Пищевые волокна представляют собой компоненты растительной пищи, которые не перевариваются в пищеварительной системой человека, но оказывают ценное воздействие на микрофлору нижних отделов кишечника. Они включены в перечень функциональных компонентов согласно ГОСТ Р 54059-2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные». Пищевые волокна играют важную роль в регулировании функционирования желудочно-кишечного тракта, способствуя перистальтике кишечника. Они снижают интенсивность всасывания сахаров и уровня холестерина, связывают и выводят ионы тяжелых металлов и токсичные соединения, а также стимулируют рост и развитие полезной микрофлоры кишечника.

Физиологическая потребность человека в пищевых волокнах составляет 20 г в сутки. Однако большинство людей не получают достаточного количества клетчатки из повседневной пищи. В связи с этим использование растительных источников для обогащения продуктов, не содержащих клетчатку, является важной задачей в разработке пищевых продуктов [4,5].

Использование местных растительных источников в качестве функциональных компонентов для обогащения продуктов питания обладает рядом преимуществ. Эти преимущества включают доступность сырья для производства, что позволяет получать необходимый объем с низкими экономическими затратами, и привычность для организма местных жителей, способствующую лучшему усвоению полезных веществ.

Творожная паста, изготовляемая на основе натурального творога, представляет собой популярный продукт в сфере здорового питания благодаря высокому содержанию белка и низкому содержанию жира. Добавление овощных пюре позволяет обогатить такую пасту полезными веществами, включая витамины, минералы и антиоксиданты, что делает ее еще более привлекательной для потребителей, ведущих здоровый образ жизни [6].

Целью данного исследования является исследование влияния механической обработки на аминокислотный и витаминный состав творожной пасты с добавлением овощного пюре.

Условия и методы исследований. Объектами исследования являлись экспериментальные образцы творожной пасты, измельченной на установке с различными зазорами ножей от 0 до 1 мм и с добавлением овощного пюре (тыква) в концентрациях 5%, 10%, 15% и 20%. Подготовка образцов включала измельчение и диспергирование, после чего аминокислотный состав каждого образца определялся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC). Анализ проводился с использованием специализированного оборудования, стандартных реагентов и референтных образцов аминокислот. Все исследования выполнялись в соответствии со стандартными методами анализа и аккредитованными лабораторными

протоколами в условиях аккредитованной научной лаборатории Университета имени Шакарима г. Семей – Испытательная региональная лаборатория инженерного профиля «Научный Центр радиоэкологических исследований» и лабораторий Алматинского технологического университета.

Результаты исследований. Измельчали творожную массу на агрегате для тонкого измельчения творожной массы с разными зазорами ножей: образец №1 (зазор 0,5 мм), образец №2 (зазор 0,66 мм), образец №3 (зазор 0,83 мм), образец №4 (зазор 0,88 мм), образец №5 (зазор 0 мм), образец №6 (зазор 1,0 мм). Овощные добавки готовили следующим образом: подготовка сырья (калибровка, промывка моркови и тыквы, очистка от кожуры, нарезка на мелкие кусочки, термическая обработка (варка), измельчение (измельчение термически обработанных овощей до состояния пюре) процеживание. Дозировки овощного пюре исследовали в различных пропорциях (5%, 10%, 15%, 20%). Исследование проводилось в лабораторных условиях с применением стандартных методов анализа.

Морковное пюре по результатам анализов составило следующие пропорции (табл. 1): массовая доля сухих веществ (10,8±0,1)%, восстановимая щелочная свободность 42,0%, дисперсность 0,9 мкм, активная кислотность (4,8±0,1) pH, содержание пищевых волокон (2,7±0,2) мг/100 г и содержание витамина С (5,0±0,4) мг/100 г. Тыквенное пюре имело массовую долю сухих веществ (10,5±0,1)%, восстановимую щелочную свободность 35,5%, дисперсность 2,0 мкм, активную кислотность (6,5±0,1) pH, содержание пищевых волокон (2,2±0,2) мг/100 г и содержание витамина С (0,6±0,4) мг/100 г. Следовательно, как морковное, так и тыквенное пюре, обладали значительными характеристиками функциональных свойств благодаря наличию пищевых волокон и водорастворимых витаминов группы В и С, но биологическая ценность тыквенного пюре более высокая.

Таблица 1

Характеристика овощных пюре

Наименование образцов	Массовая доля сухих веществ, %	ВУС, %	Дисперсность, Мкм	Активная кислотность, ед. pH	Содержание пищевых волокон, мг/100 г	Содержание витамина С, мг/ 100 г
Морковное пюре	10,8±0,1	42,0	0,9	4,8±0,1	2,7 ± 0,2	5,0±0,4
Тыквенное пюре	10,5±0,1	35,5	2,0	6,5±0,1	2,2± 0,2	0,6±0,4

Таким образом, исследования состава и свойств наполнителей позволило сделать вывод: тыквенное пюре обладает высокой пищевой ценностью и может эффективно использоваться в качестве добавки в творожную массу для улучшения ее питательных характеристик. Богатое содержание пищевых волокон и витамина С делает его особенно привлекательным для потребителей, заинтересованных в здоровом и сбалансированном питании.

Изучение процессов механической обработки творожной массы и тыквеного наподлнителя проводили в 6 вариантах изменения величины зазора между ножами в агрегате для тонкого диспергирования. Результаты

экспериментов позволили установить оптимум условий диспергирования во 2 варианте с зазором 0,5-0,66 мм.

Далее провели исследования по отработке оптимального количества добавляемого в творожную массу тыквенного пюре в интервале концентраций 5%, 10%, 15% и 20%. Доказана оптимальная доза тыквенного пюре в количестве 15 %.

На следующем этапе выявили аминокислотный состав контрольных и опытных образцов подготовленной творожной пасты без и с тыквенным наполнителем (оптимальная дозировка пюре – 15 %) (рис. 1, 2).

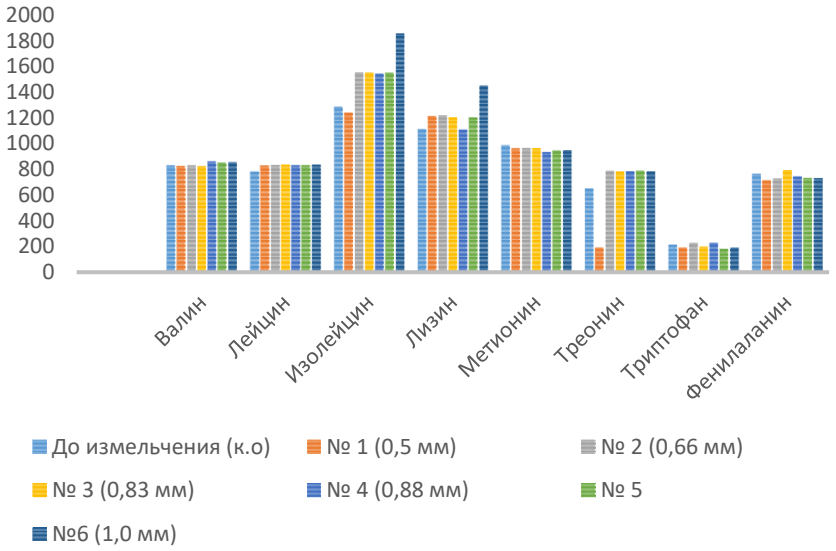


Рис. 1. Содержание незаменимых аминокислот измельченной творожной массы с овощными наполнителями

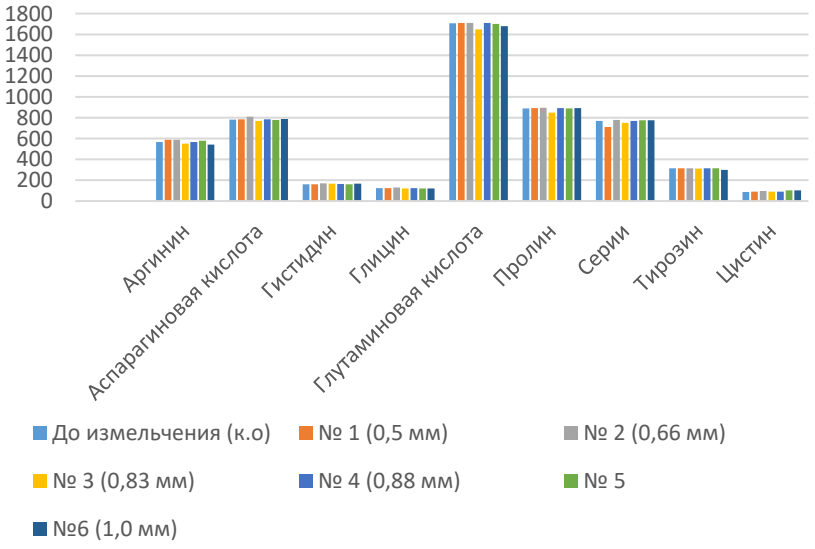


Рис. 2. Содержание заменимых аминокислот измельченной творожной массыс овощными наполнителями

Результаты исследований, представленные на рисунках 1, 2 свидетельствуют о том, что механическая обработка творога на этапе измельчения при выбранных режимах оказывает определенное влияние на биологическую ценность белков.

В контрольном образце суммарное содержание аминокислот составляло 12005 мг на 100 г продукта, в то время как в экспериментальных образцах это значение находилось в диапазоне от 11537 до 12642 мг на 100 г. Измельчение с зазорами в 0,66 мм, 0,83 мм, 0,88 мм и 0 мм приводило к увеличению суммарного содержания аминокислот на 5,2%, 3,2%, 3,8% и 4% соответственно по сравнению с контрольным образцом. Наибольшее увеличение общего содержания аминокислот наблюдалось в образцах с зазором в 1 мм и составляло 8,4%.

Аналогичная закономерность была обнаружена и в количестве незаменимых аминокислот. По сравнению с контрольным образцом с содержанием незаменимых аминокислот 6605 мг на 100 г, в экспериментальных образцах №3-7 отмечалось небольшое увеличение содержания незаменимых аминокислот на 7-8,1%, достигая значений 7146 мг/100г, 7150 мг/100г, 7022 мг/100г, 7072 мг/100г. Максимальное увеличение (15,7 мг/100 г) наблюдалось при использовании зазора в 1 мм. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что механическая обработка творога при установленных режимах не только не снижает биологическую ценность его белков, но в некоторых случаях даже способствует ее увеличению.

Исследования аминокислотного состава творожной пасты с добавлением овощного тыквенного пюре выявили значительное влияние концентрации добавок на содержание незаменимых аминокислот. Образцы с более высокой долей овощного пюре обладали более высоким содержанием аминокислот, таких как триптофан, метионин и лизин, по сравнению с контрольными образцами без добавок. Это свидетельствует о потенциальном повышении биологической ценности продукта.

Дальнейшая аналитика пищевой полезности творожной массы была проведена на основе ее витаминного состава. Изменения в содержании витаминов водорастворимых группы В, С, РР, а также жирорастворимых витаминов А, Д, Е после механической обработки были зафиксированы в диаграмме (рис. 3).

Сопоставительный анализ этих данных показал незначительное снижение уровня практически всех видов витаминов. Витамины группы В в основном оставались на начальном уровне, соответствующем 0,4 мг/%. В процессе обработки творога содержание этой группы витаминов варьировалось в пределах от 0,45 до 0,314 мг/% в зависимости от величины зазора.

Количество витамина С практически не изменялось в процессе механической обработки творога и зависело от величины зазора. В результате измельчения при зазоре в 0 мм и 0,83 мм содержание витамина С снизилось максимально с 0,4 мг/% (контроль) до 0,28 мг/%, в то время как в остальных случаях его количество оставалось близким к начальным значениям, составляя 0,41 мг/%, 0,42 мг/%, 0,423 мг/% и 0,4 мг/% соответственно.

Изменения в содержании витамина D после обработки в готовом продукте отразились на увеличении его концентрации с 0,3 мг/% в контроле до 0,45-0,7 мг/% в экспериментальных образцах. Влияние измельчения на содержание витамина А также было замечено, хотя и в незначительной степени. Оно проявилось в увеличении его содержания, находившегося в

диапазоне от 0,129 до 0,11 мг/% по сравнению с начальным уровнем в контроле – 0,08 мг/%. Однако, в двух вариантах измельчения содержание витамина А оставалось неизменным на уровне 0,08 мг/%. Таким образом, можно заключить, что тонкое измельчение творога не оказывает существенного влияния на содержание витамина А.

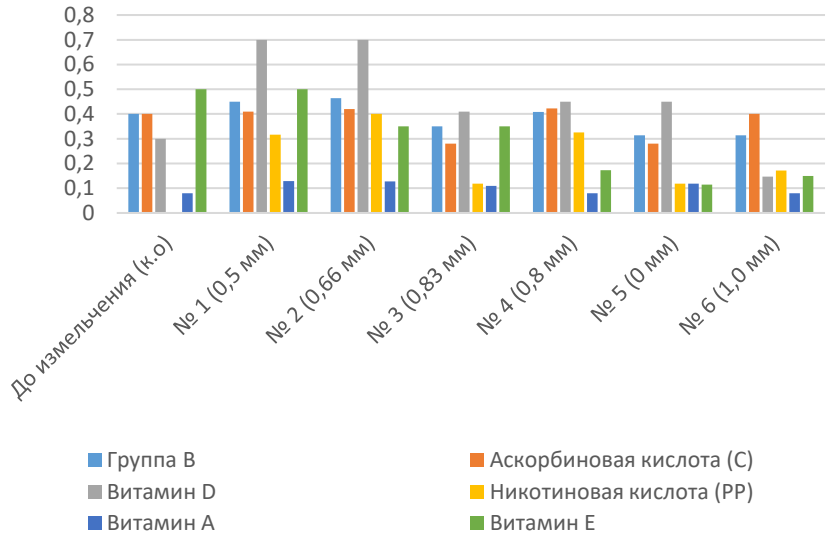


Рис.3. Витаминный состав измельченной творожной массы с овощным наполнителем

Изменения в содержании витамина Е показали уменьшение его концентрации в процессе измельчения. Количество данного витамина уменьшалось с увеличением зазора между ножами: с 0,35 мг/% до 0,15 мг/% при начальном содержании 0,5 мг/%. Это составляло соответственно 30%, 65,4%, 77% и 70% от исходного уровня (без зазора). Таким образом, была выявлена зависимость между величиной зазора и содержанием витамина Е в измельченной творожной массе. Наиболее высокая сохранность всех изученных подгрупп витаминов была зафиксирована при использовании зазора от 0,5 до 0,66 мм.

Обсуждение научных результатов. Результаты исследования позволили получить ценную информацию о влиянии механической обработки творога на его биохимические параметры и пищевую ценность. Обобщение полученных данных выявило несколько ключевых моментов.

Во-первых, оптимальные результаты механической обработки достигаются при использовании зазора между ножами величиной 0,5-0,66 мм, что обеспечивает наилучшее сохранение биологически активных компонентов

Во-вторых, оптимальные результаты достигаются при добавлении овощного пюре в количестве 15%. Эксперименты с добавлением овощных пюре показали потенциальное улучшение пищевых характеристик продукта. Увеличение содержания аминокислот, водоудерживающих свойств и витамина С, а также обогащение продукта пищевыми волокнами благоприятно влияют на его пищевую ценность и текстурные свойства.

В третьих, следует отметить, что анализ изменений в содержании аминокислот и витаминов показал, что механическая обработка при установленных режимах положительно влияет на биологическую ценность творожной пасты. Большинство незаменимых аминокислот и витаминов остаются стабильными после обработки, с незначительными колебаниями, которые не отражают существенного снижения их пищевой ценности.

Анализ изменений в содержании витаминов при различных режимах измельчения указывает на важность оптимизации параметров обработки для сохранения биологически активных компонентов продукта. Оптимальные результаты наблюдались при зазоре величиной 0,5-0,66 мм, что подтверждает необходимость контроля и управления этим параметром в процессе производства.

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать вывод о возможности улучшения пищевой ценности и текстурных свойств творожных продуктов при использовании оптимизированных режимов механической обработки и добавления функциональных компонентов, таких как овощные пюре.

Заключение. В результате проведённых исследований установлено, что механическая обработка творожной массы с использованием агрегата для тонкого измельчения и добавлением тыквенного пюре положительно влияет на аминокислотный и витаминный состав творожной пасты. Оптимальные результаты были достигнуты при зазоре между ножами 0,5-0,66 мм и концентрации тыквенного пюре в количестве 15%.

Добавление тыквенного пюре способствовало увеличению суммарного содержания аминокислот, особенно незаменимых, что отражается в повышении биологической ценности продукта. Максимальное увеличение содержания незаменимых аминокислот составило 8,1% по сравнению с контрольным образцом. Кроме того, обогащение пасты овощным пюре привело к повышению содержания витаминов и пищевых волокон, что улучшает функциональные свойства продукта.

Механическая обработка при оптимальных режимах не только сохраняет, но и улучшает витаминный состав творожной пасты, особенно витаминов группы В и витамина С. Несмотря на незначительное снижение некоторых витаминов, общее содержание биологически активных веществ остаётся высоким.

Таким образом, использование оптимизированных параметров механической обработки и обогащение творожной пасты тыквенным пюре позволяет создать продукт с повышенной пищевой ценностью и улучшенными органолептическими свойствами. Этот подход имеет практическую значимость для пищевой промышленности и отвечает современным требованиям потребителей к здоровому и функциональному питанию.

Эти результаты представляют практическую значимость для производства творожных продуктов с улучшенными пищевыми характеристиками и обосновывают необходимость оптимизации процесса производства для достижения максимальной эффективности.

Список литературы

1. Алимарданова, М.К. Современное состояние производства кисломолочных продуктов [Текст] / М.К. Алимарданова, А.К. Стамбекова, А.А. Баяхан //Продукты Питания: Производство, Безопасность, Качество. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 2019. – С. 31-34.
2. Алимарданова, М.К. Совершенствование технологии кисломолочных продуктов функционального назначения [Текст] / М.К. Алимарданова, В.И. Петченко, А.А. Елемесова //Продукты питания: производство, безопасность, качество. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 2019. – С. 59-61.
3. Буянова, И.В. Агрегат для тонкого измельчения творога [Текст] / И.В. Буянова, Ж.К. Имангалиева //Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 3. – С. 23-26.
4. Shlisky J., Bloom D.E., Beaudreault A.R., Tucker K.L., Keller H.H., Freund-Levi Y., Fielding R. A, Cheng F.W., Jensen G.L., Wu D., Meydani S.N. Nutritional considerations for healthy aging and reduction in age-related chronic disease //Adv.Nutr. – 2017. – Vol. 8(1). – P. 17-26.
5. Буянова, И.В. Холодильное хранение творожных продуктов [Текст] / И.В. Буянова, Ж.К. Имангалиева //Молочная промышленность. – 2017. – №12. – С. 58-60.
6. Имангалиева, Ж.К. Технологические аспекты тонкого измельчения творога [Текст] / Ж.К. Имангалиева //Пищевые инновации в биотехнологии. Сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Под общей редакцией А.Ю. Просекова, 2018. – С. 143-145.

Материал поступил в редакцию 30.05.24.

М.К. Алимарданова[1], Ж.К. Имангалиева[1]

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

МЕХАНИКАЛЫҚ ӨҢДЕУДІҢ КӨКӨНІС ПЮРЕСІ ҚОСЫЛҒАН СҮЗБЕ ПАСТАСЫНЫҢ АМИНҚЫШҚЫЛДАРЫ МЕН ВИТАМИНДІК ҚҰРАМЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Авторлар көкөніс пюресі қосылған жұқа дисперсті паста алу үшін әртүрлі пышақ саңылаулары бар сүзбе массасын ұсақтау қондырғысында механикалық өңдеу бойынша бірқатар зерттеулер жүргізді. Асқабақ пен сәбізден көкөніс пюресінің әртүрлі дозаларын дайындау мен енгізудің технологиялық параметрлері зерттелді. Көкөніс пюресі қосылған сүзбе пастасының аминқышқылдарының құрамын жүйелі талдау көкөніс қоспаларын енгізу аминқышқылдарының құрамына, әсіресе дайын өнімдегі маңызды аминқышқылдарының құрамына оң әсер ететіндігін көрсетті. Аминқышқылдарының жиынтық мөлшері бақылау үлгісінде 100 г-ға 12005 мг құрады, ал эксперименттік үлгілерде бұл мән 100 г-ға 11537-ден 12642 мг-ға дейін болды. Аминқышқылдарының жиынтық құрамының жоғарылауы агрегаттағы пышақ саңылауының мөлшеріне байланысты бақылау үлгісімен салыстырғанда 3,2%-дан 8,4%-ға дейін өзгерді. Сынақ үлгісімен салыстырғанда эксперименттік үлгілерде маңызды аминқышқылдарының мөлшері 7%-дан 8,1%-ға дейін өсті. Маңызды аминқышқылдарының максималды өсуі (15,7 мг/100 г) 1 мм саңылауды пайдалану кезінде тіркелді. Нәтижелер сүзбе өнімдерінің тағамдық құрамы мен функционалдық сипаттамаларын өзгерту үшін көкөніс пюресі әлеуетін растайды.

Тірек сөздер: сүзбе пастасы, диеталық талшық, биологиялық құндылығы, аминқышқылдарының құрамы, тағамды байыту.

M.K. Alimardanova[1], Zh.K. Imangaliyeva[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

THE EFFECT OF MECHANICAL PROCESSING ON THE AMINO ACID AND VITAMIN COMPOSITION OF QUARK CHEESE PASTE WITH THE ADDITION OF VEGETABLE PUREES

Abstract. The authors conducted a series of studies of mechanical processing on a machine for fine grinding of quark cheese with different knife gaps to obtain a finely dispersed paste with the addition of vegetable purees. The technological parameters of preparation and application of various doses of vegetable purees from pumpkin and carrots have been studied. A systematic analysis of the amino acid composition of quark cheese paste with the addition of vegetable purees showed that the introduction of vegetable additives has a positive effect on the composition of amino acids, especially on the content of essential amino acids in the finished product. The total amino acid content was 12005 mg per 100 g in the control sample, while in experimental samples this value ranged from 11537 to 12642 mg per 100 g. The increase in the total amino acid content ranged from 3.2% to 8.4% compared to the control sample, depending on the size of the knife gap on the unit. The content of essential amino acids increased by 7-8.1% in the experimental samples compared to the control sample. The maximum increase in the content of essential amino acids (15.7 mg/100 g) was recorded using a gap of 1 mm. The results obtained confirm the potential of vegetable purees for modifying the nutritional composition and functional characteristics of cottage cheese products.

Keywords: quark cheese paste, dietary fiber, biological value, amino acid composition, food fortification.

References

1. Alimardanova M.K., Stambekova A.K., Bayakhan A.A. Sovremennoye sostoyaniye proizvodstva kislomolochnykh produktov [The current state of the production of fermented milk products] //Produkty Pitaniya: Proizvodstvo, Bezopasnost', Kachestvo. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet» [Food: Production, Safety, Quality. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference. Bashkir State Agrarian University], 2019. – P. 31-34. [in Russian].
2. Alimardanova M.K., Petchenko V.I., Yelemesova A.A. Sovershenstvovaniye tekhnologii kislomolochnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya [Improving the technology of functional fermented milk products], //Produkty pitaniya: proizvodstvo, bezopasnost', kachestvo. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet» [Food: production, safety, quality. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference. Bashkir State Agrarian University], 2019. – P. 59-61. [in Russian].
3. Buyanova I.V., Imangaliyeva ZH.K. Agregat dlya tonkogo izmel'cheniya tvoroga [Fine grinding unit for cottage cheese] //Bulletin of the International Academy of Refrigeration. – 2016. – No. 3. – P. 23-26. [in Russian].
4. Shlisky J., Bloom D.E., Beaudreault A.R., Tucker K.L., Keller H.H., Freund-Levi Y., Fielding R. A, Cheng F.W., Jensen G.L., Wu D., Meydani S.N. Nutritional considerations for healthy aging and reduction in age-related chronic disease //Adv.Nutr. – 2017. – Vol. 8(1). – P. 17-26.
5. Buyanova I.V., Imangaliyeva ZH.K. Kholodil'noye khraneniye tvorozhnykh produktov [Refrigerated storage of cottage cheese products] //Dairy industry. – 2017. – No. 12. – P. 58-60. [in Russian].
6. Imangaliyeva ZH.K. Tekhnologicheskiye aspekty tonkogo izmel'cheniya tvoroga [Technological aspects of fine grinding of cottage cheese] //Pishchevyye innovatsii v biotekhnologii. Sbornik tezisov VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh: Pod obshchey redaktsiyey A.YU. Prosekova [Food innovations in biotechnology. Collection of abstracts of the VI International scientific conference of students, graduate students and young scientists: Under the editorship of A.Yu. Prosekov], 2018. – P. 143-145. [in Russian].

ҒТАМР 65.59.03

Б.Б. Кабулов[1] – *негізгі автор*,
Г.Б. Абдилова[2], **Г.А. Жумадилова**[3],
А.Б. Бакиева[4], **Ж.А. Сергибаева**[5]

[1,2]*Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,* [3,4]*PhD,* [5]*Докторант*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-7619-2622* [2]*https://orcid.org/0000-0002-6647-6314*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-0722-8860* [4]*https://orcid.org/0009-0003-5904-1253*
[5]*https://orcid.org/0009-0004-1248-1304*

[1,2,3,4,5]*Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,*
Семей қ., Қазақстан

@ [1]*bolatkabylov@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/LLXM5593

ЕТ-СҮЙЕКТІ ФАРШЫНЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Мақала ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделін жетілдіруге арналған. Ет өнімдерінің көпшілігі дисперстік жүйелер, суспензиялар, коллоидті ерітінділер болып табылады. Технологиялық жабдықтарды ғылыми түрде жобалау үшін бұл өнімдердің құрылымдық-механикалық сипаттамаларын білу қажет. Бейньютондық материалдардың тұтқырлығы деформация жылдамдығынан байланысты, ол ағу кезінде құрылымы мен оның өзгерісімен байланысты болады. Өз қатарында материалдың ағуы оның физика-химиялық өзгешілігіне байланысты болады: молекулалардың пішіні мен орналасуы, концентрация, температура, ылғалдылық, мицелла пайда болуы. Ет-сүйекті фарш ағуын сипаттау үшін Бингам реологиялық теңдеуі өте қолайлы болып табылатындығы дәлелденді. Бингам, Шведов, Шоффильд-Скотт-Блер, Пелег реологиялық механикалық моделдерді зерттеу мен механикалық өңдеу кезінде ет-сүйекті фаршының жүрісін сипаттау үшін жүргізілген талдау негізінде оның реологиялық механикалық моделін жетілдірілген. Ол тізбектеп қосылған Бингам моделі мен кесу кезінде материалдың беріктігін жоғалтуын сипаттайтын денеден тұрады. Зерттеу нәтижесінде ет-сүйекті фаршының моделінің реологиялық теңдеуі алынды. Ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделі және физика-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективтік бағалауға ғана емес, сонымен қатар өнімнің барлық механикалық өңдеу кезеңдерінде оның жүрісін зерттеуге қажет болады.

Тірек сөздер: ет, сүйек, фарш, реологиялық механикалық модель.

Кабулов, Б.Б. Ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделі [Мәтін] / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, Ж.А. Сергибаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.34-40. https://doi.org/10.55956/LLXM5593

Кіріспе. ҚР Президентінің жолдауында былай жазылған: «...Қазақстанның айналасында өнім өткізетін өте үлкен нарықтар бар. Онда сапалы азық-түлік өнімдері тапшы. Қазақстанның стратегиялық мақсаты – Еуразия құрлығындағы басты аграрлық орталықтың біріне айналу. Осы мақсатқа қол жеткіземіз десек, ең алдымен, өнімді жоғары деңгейде өңдеуге көшуіміз қажет. Онсыз болмайды. Біз алдағы үш жыл ішінде

агроөнеркәсіптегі өңделген өнім үлесін 70 пайызға жеткізуіміз керек. Бұл – нақты міндет...» [1].

Ет өнеркәсібі үшін жаңа жабдықтар мен жаңа технологияларды құру біздің алдымызға жақын болашақта қойылған белгілі бір міндеттерді шешуді талап етеді. Ет өнімдерін өндірудің тиімді технологияларын және жабдықтардың оңтайлы конструкцияларын жетілдіру қайта өңделетін шикізаттың физика-механикалық қасиеттерін ескере отырып, өндірістік процестерді терең зерттеу негізінде ғана қамтамасыз етілуі мүмкін. Өздеріңіз білетіндей, ет шикізатын механикалық өңдеу күрделі физика-химиялық, биологиялық және механикалық процестермен қатар жүреді, оларды зерттеу өндірістің технологиялық циклін басқаруды дұрыс ұйымдастыруға және объективті сапаны бақылауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Ет өнеркәсібінің көптеген процестері дисперсті жүйелерді, суспензияларды, коллоидты ерітінділерді, әртүрлі пластикалық тұтқыр материалдарды өңдеумен байланысты. Реологиялық зерттеулер ет шикізатын өңдеу кезінде болатын құбылыстардың физикасын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Ребиндер П.А., Воларович М.П., Горбатов А.В., Рогов И.А., Косой В.Д., Мачихин Ю.А. және т.б. сияқты көптеген танымал ғалымдардың іргелі еңбектері реологиялық зерттеулерге арналған [2-7]. Ет шикізатының физика-механикалық қасиеттерін оны механикалық өңдеу процестерін есептеу кезінде, машиналардың жаңа конструкцияларын құрастыру және қолданыстағы машиналарды жаңарту кезінде, сондай-ақ технологиялық жабдықтың оңтайлы жұмыс режимдерін және өндірістің оңтайлы технологиялық сұлбаларын таңдау кезінде пайдалануға болады. Ет шикізатының реологиялық қасиеттерінің көпшілігі өнімнің сапасын бақылаудың және машиналарды, агрегаттарды, өндірістік алаңдарды басқарудың автоматты жүйелерін құру кезінде ескеріледі.

Ет шикізаты, ет жартылай фабрикаттары және ет өнімдері әртүрлі физика-механикалық қасиеттерге ие. Ет өнімдерін механикалық өңдеу процестері басқа өндірістерден әртүрлілігімен және күрделілігімен ерекшеленеді. Ет шикізаты мен өнімдерінің қасиеттері температураға, ылғалдылыққа, механикалық әсердің ұзақтығы мен мөлшеріне, сондай-ақ сақтау мерзіміне, тасымалдауға, өнімді алу әдісіне және басқа да көптеген факторларға байланысты.

Осылайша, өнімнің тек бір түріне жататын өнімдердің реологиялық қасиеттері әртүрлі деп айтуға болады, өйткені реологиялық шамаларды анықтау кезінде шарттар орындалмады, әртүрлі құрылғылар мен құралдар қолданылды. Бұл сипаттамалар машиналар мен құрылғыларды жобалау кезінде ең тиімді жұмыс режимдерін таңдау үшін қажет. Ет шикізатының реологиялық қасиеттерінің өзгеру заңдылықтарын білу, яғни әртүрлі қоспаларды қосу, режимдерді реттеу және өңдеу әдістері ет өнімдерінің сапасы мен құрылымына әсер етеді.

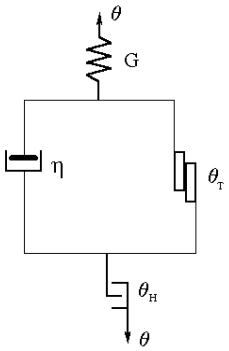
Зерттеу шарттары мен әдістері. Ет және ет-сүйекті өнімдері ішкі қасиеттерді өзгерту мақсатымен сыртқы факторлардың әсеріне ұшырайтын көп компонентті жүйелер болып табылады. Шикізат немесе өнімді реологиялық дене ретінде көрсетуге болады, оның механикалық моделі серпімділік, тұтқырлық, созылғыштық, беріктікпен сипатталатын денелерден тұратын денелер жиынтығы болып табылады, бұл денелердің деформациялық жүрісі күрделі реологиялық теңдеулермен сипатталады [3-5,12].

Ет өнімдері үшін құрлымның ең кең тараған коагуляциялық-кристалдық түрі, бұл кезде пышақтардың жоғары жылдамдықтарда

құрылымның бұзылуы қалпына келтіруге қарағанда тез жүреді, өнімнің тұтқырлығы жылдам төмендейді.

Ет-сүйекті шикізатты ұсақтауда өнімге қысым пышақ арқылы беріледі, ол алғашқы кезде лезде-серпімділік деформацияға (G), ал ағу шегі ($\sigma_т$) жоғарлаған кезде баяу тұтқыр-пластикалық деформацияға (η, σ) және одан кейін сүйектің беріктік шегінен артық болатын кернеуде лезде-қайталанбайтын ($\sigma_н$) деформация мен материалдың бөлінуі (кесу мен ұнтақтау) іске асады [3-5,12,13].

Бингам, Шведов [5], Шоффильд-Скотт-Блер, Пелег [3, 10] реологиялық механикалық моделдерді зерттеу мен механикалық өңдеу кезінде ет-сүйекті фаршының жүрісін сипаттау үшін жүргізілген талдау негізінде реологиялық дененің – ет-сүйекті фаршының механикалық моделі жетілдірілген, ол тізбектеп қосылған Бингам моделі мен кесу кезінде материалдың беріктігін жоғалтуын сипаттайтын денеден тұрады (1-сурет).



Сурет 1. Реологиялық дененің – ет-сүйекті фаршының механикалық моделі

Ет-сүйекті фаршының жалпы деформациясы Бингам денесі мен ұсақтауда сүйектің жүрісін моделдеу элементтің қосындысына тең, ол кесу кезінде материалдың беріктігін жоғалтуын сипаттайтын және Шоффильд – Скотт-Блер қолданылатын модифицирленген элементі болып, формула бойынша анықталады:

$$\Delta\gamma = \Delta\gamma_Б + \Delta\gamma_Н \qquad (1)$$

мұндағы: $\Delta\gamma_Б$ – Бингам моделінің деформациясы; $\Delta\gamma_Н$ – ұсақтау кезінде сүйек шикізатының жүрісін моделдейтін элементтің деформациясы.

(1) теңдеудің сол және оң жағынан уақыт бойынша туындысын алсақ, онда:

$$\frac{d\gamma}{d\tau} = \frac{d\gamma_Б}{d\tau} + \frac{d\gamma_Н}{d\tau} \qquad (2)$$

$\frac{d\gamma_Б}{d\tau}$ шамасы Бингам моделінің теңдеу арқылы анықталады:

$$\frac{d\gamma_Б}{d\tau} = \frac{1}{G}\frac{d\theta}{d\tau} + \frac{(\theta - \theta_0)}{\eta} \qquad (3)$$

$\frac{d\gamma_H}{d\tau}$ шамасы мына теңдеу арқылы анықталады:

$$\frac{d\gamma_H}{d\tau} = \dot{\gamma} = \frac{\theta_H}{\eta} \tag{4}$$

Бұл мәнді (2) тұжырымға қойсақ, ет-сүйекті фаршының теңдеуін аламыз.

Бұл кезде егер кернеу $\theta \leq \theta_H$, онда дененің жүрісі Бингам моделіне ұқсас болады, $\theta \geq \theta_H$ болғанда дененің жалпы тұтқырлығы тең болады:

$$\dot{\gamma} = \frac{\dot{\theta}}{G} + \frac{(\theta - \theta_0 - \theta_H)}{\eta} \tag{5}$$

мұндағы: $\dot{\gamma}$ – ығысу жылдамдығы; G – бұрыштық деформация кезінде серпімділік модулі; η – ығысу кезіндегі тұтқырлық; θ – ығысу кернеуі; $\theta_н$ – сүйек денелерінің лезде-қайталанбайтын деформация шегі.

Алынған реологиялық теңдеу жеткілікті дәлдік пен тәжірибелік қондырғыдағы ет-сүйекті фарштың ұсақтау процесті сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл моделдің пайдалану облысы ұқсас жұмыс істеу принципі бар әртүрлі қондырғылар болуы мүмкін, яғни ауқымды өлшемдері бойынша шегі жоқ.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қорытындай келе, Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеттің мамандарымен реологиялық дененің – ет-сүйекті фаршының механикалық моделі жетілдірілді. Бұл модель Бингам, Шведов, Шоффильд-Скотт-Блер, Пелег реологиялық механикалық моделдерді зерттеу мен механикалық өңдеу кезінде ет-сүйекті фаршының жүрісін сипаттау үшін жүргізілген талдау негізінде жетілдірілген. Ол тізбектеп қосылған Бингам моделі мен кесу кезінде материалдың беріктігін жоғалтуын сипаттайтын денеден тұрады.

Ет-сүйекті шикізатты ұсақтауда өнімге қысым пышақ арқылы беріледі, ол алғашқы кезде лезде-серпімділік деформацияға, ал ағу шегі жоғарлаған кезде баяу тұтқыр-пластикалық деформацияға және одан кейін сүйектің беріктік шегінен артық болатын кернеуде лезде-қайталанбайтын деформация мен материалдың бөлінуі (кесу мен ұнтақтау) іске асады. Кесу күшінің салу уақыты өте аз, сондықтан шекті кесу кернеуі лезде жеткізіледі. Ет-сүйекті фаршының ұсақталған денелері алдымен тұтқыр-серпімді, лезде-қайталанбайтын деформацияларға және материалдың бөлінуіне ұшырайды, одан кейін шекті ығысу кернеуінің артық болатын кернеуде фарш пластикалық деформацияға ұшырап, ағып кетеді.

Қорытынды. Келтірілген реологиялық механикалық модель және физика-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективтік бағалауға ғана емес, сонымен қатар ет-сүйекті фаршының барлық механикалық өңдеу кезеңдерінде оның жүрісін зерттеуге қажет болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың «Әділетті Қазақстанның экономикалық бағдары» атты Қазақстан халқына Жолдауы, 01.09.2023 [Электрондық ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://www.akorda.kz. Пайдалану күні: 28.05.2024.

2. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве колбас [Текст] / В.Д. Косой, А.Д. Малышев, С.Б. Юдина. – М.: КолосС, 2005. – 264 с.
3. Мачихин, Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов [Текст]: справочник / Ю.А. Мачихин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
4. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст]: монография / А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
5. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых продуктов [Текст] / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 215 с.
6. Горбатов, А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
7. Еркебаев, М.Ж. Реология пищевых продуктов [Текст] / М.Ж. Еркебаев, Т.К. Кулажанов, Ю.А. Мачихин, Е.Б. Медведков. – Алматы, 2003. – 192 с.
8. Кулажанов, Т.Р. Научные основы технологических процессов обработки тестовых полуфабрикатов для мучных изделий [Текст]: автореферат дис. … д-р. техн. наук / Т.Р. Кулажанов. – Алматы, 2005. – 40 с.
9. Горбатов, А.В. Гидравлика и гидравлические машины для пластично-вязких мясных и молочных продуктов [Текст]: учебник / А.В. Горбатов, В.Д. Косой, Я.И. Виноградов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 176 с.
10. Gupta N.K., Tscheuschner H.D. Moglichkeiten zur Gestaltung des Schneid processes fur die Herstellung von Schittbrotaus of enfrischem Brot. //Backer und Konditor. – 1976. – No. 10. – P. 300-302.
11. Кабулов, Б.Б. Интенсификация процессов механической обработки фарша [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Б.Б. Кабулов. – Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2005. – 142 с.
12. Гуськов, К.П. Реология пищевых масс [Текст] /К.П. Гуськов, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин, Л.Н. Лунин. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 207 с.
13. Оспанов, А.А. Основы теории и моделирования процессов измельчения пищевого сырья и кормов [Текст] / А.А. Оспанов, Н.В. Остапчук. – Алматы: Ғылым, 1992. – 224 с.

Материал редакцияға 03.06.24 түсті.

Б.Б. Кабулов[1], Г.Б. Абдилова[1], Г.А. Жумадилова[1], А.Б. Бакиева[1], Ж.А. Сергибаева[1]

[1]Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, Казахстан

РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЯСОКОСТНОГО ФАРША

Аннотация. Статья посвящена разработке реологической механической модели мясокостного фарша. Большинство мясных продуктов представляют собой дисперсные системы, суспензии, коллоидные растворы. Для научнообоснованного проектирования технологического оборудования необходимо знать конструктивно-механические характеристики этих продуктов. Вязкость неньютоновских материалов зависит от скорости деформации, которая связана с их структурой и изменениями при течении. В свою очередь, течение материала обусловлена его физико-химическими особенностями: формой и расположением молекул, концентрацией, температурой, влажностью, образованием мицелл. Установлено, что реологическое уравнение Бингама идеально подходит для описания течения мясокостного фарша. На основе проведенного анализа реологических механических моделей Бингама, Шведова, Шоффильд-Скотт-Блера, Пелега для описания течения мясокостного фарша при механической обработке разработана его реологическая механическая модель. Она состоит из последовательно соединенной модели Бингама и тела, характеризующего потерю прочности материала при резании. В результате исследования получено реологическое уравнение модели мясокостного фарша.

Реологическая механическая модель и физико-механические характеристики мясокостного фарша необходимы не только для объективной оценки консистенции продукта, но и для изучения его поведения на всех этапах механической обработки.

Ключевые слова: мясо, кость, фарш, реологическая механическая модель.

B. Kabulov[1], G. Abdilova[1], G. Zhumadilova[1], A. Bakiyeva[1], Zh. Sergibaeva[1]

[1]Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

RHEOLOGICAL MECHANICAL MODEL OF MEAT AND BONE MINCED MEAT

Abstract. The article is devoted to the development of a rheological mechanical model of minced meat. Most meat products are dispersed systems, suspensions, colloidal solutions. For scientifically based design of technological equipment, it is necessary to know the structural and mechanical characteristics of these products. The viscosity of non-Newtonian materials depends on the rate of deformation, which is related to their structure and changes during flow. In turn, the flow of the material is determined by its physico-chemical features: the shape and location of molecules, concentration, temperature, humidity, and the formation of micelles. It has been established that the Bingham rheological equation is ideally suited for describing the flow of minced meat. Based on the analysis of rheological mechanical models by Bingham, Shvedov, Shoffield-Scott-Blair, Peleg, a rheological mechanical model of minced meat was developed to describe the flow of minced meat during mechanical processing. As a result of the study, the rheological equation of the minced meat model was obtained. A rheological mechanical model and physico-mechanical characteristics of minced meat are necessary not only for an objective assessment of the consistency of the product, but also for studying its behavior at all stages of mechanical processing.

Keywords: meat, bone, minced meat, rheological mechanical model.

References

1. Message of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan “Economic course of fair Kazakhstan”, 01.09.2023 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.akorda.kz. Date of access: 28.05.2024.
2. Kosoy, V.D., Malyshev, A.D., Yudina, S.B. Inzhenernaya reologiya v proizvodstve kolbas [Engineering rheology in sausage production]. – Moscow: KolosS, 2005. – 264 p. [in Russian].
3. Machikhin, YU.A. Reometriya pishchevogo syr'ya i produktov [Rheometry of food raw materials and products]: reference book. – Moscow: Agropromizdat, 1990. – 271 p. [in Russian].
4. Gorbatov, A.V. Reologiya myasnykh i molochnykh produktov [Rheology of meat and dairy products]: monograph. – Moscow: Food Industry, 1979. – 383 p. [in Russian].
5. Machikhin, YU.A., Machikhin, S.A. Inzhenernaya reologiya pishchevykh produktov [Engineering rheology of food products]. – Moscow: Light and food industry, 1981. – 215 p. [in Russian].
6. Gorbatov, A.V., Maslov, A.M., Machikhin, YU.A. Strukturno-mekhanicheskiye kharakteristiki pishchevykh produktov [Structural and mechanical characteristics of food products]. – Moscow: Light and food industry, 1982. – 296 p. [in Russian].
7. Yerkebayev, M.ZH., Kulazhanov, T.K., Machikhin, YU.A., Medvedkov, Ye.B. Reologiya pishchevykh produktov [Rheology of food products]. – Almaty, 2003. – 192 p. [in Russian].
8. Kulazhanov, T.R. Nauchnyye osnovy tekhnologicheskikh protsessov obrabotki testovykh polufabrikatov dlya muchnykh izdeliy [Scientific foundations of

technological processes for processing dough semi-finished products for flour products]: abstract of dis. ... Dr. of Engineering. sciences. – Almaty, 2005. – 40 p. [in Russian].

9. Gorbatov, A.V., Kosoy, V.D., Vinogradov, YA.I. Gidravlika i gidravlicheskiye mashiny dlya plastichno-vyazkikh myasnykh i molochnykh produktov [Hydraulics and hydraulic machines for plastic-viscous meat and dairy products]: textbook. – Moscow: Agropromizdat, 1991. – 176 p. [in Russian].
10. Gupta N.K., Tscheuschner H.D. Moglichkeiten zur Gestaltung des Schneid processes fur die Herstellung von Schittbrotaus of enfrischem Brot. //Backer und Konditor. – 1976. – No. 10. – P. 300-302.
11. Kabulov, B.B. Intensifikatsiya protsessov mekhanicheskoy obrabotki farsha [ntensification of mechanical processing of minced meat]: dis. … candidate of technical sciences. – Semipalatinsk: SSU named after. Shakarim, 2005. – 142 p. [in Russian].
12. Gus'kov, K.P., Machikhin YU.A., Machikhin, S.A., Lunin, L.N. Reologiya pishchevykh mass [Rheology of food masses]. – Moscow: Food industry, 1970. – 207 p. [in Russian].
13. Ospanov, A.A., Ostapchuk, N.V. Osnovy teorii i modelirovaniya protsessov izmel'cheniya pishchevogo syr'ya i kormov [Fundamentals of the theory and modeling of the processes of grinding food raw materials and feed]. – Almaty: Ġylym, 1992. – 224 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.09.03

Қ.Қ. Макангали[1] – *негізгі автор*,
Т.Ч. Тултабаева[2], Г.Н. Жакупова[3],
А.Т. Сағандық[4], А.Х. Мулдашева[5], А.Т. Ахметжанова[6]

[1]Техн. ғылым. д-ры, доцент, [2]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,
[3]PhD, аға оқытушы, [4,5]Оқытушы, [6]Докторант

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0003-4128-6482 [2]https://orcid.org/0000-0003-2483-7406
[3]https://orcid.org/0000-0001-7714-4836 [4]https://orcid.org/0000-0001-5480-933X
[5]https://orcid.org/0000-0003-0116-0260 [6]https://orcid.org/0009-0002-2584-654X

[1,2,3,4,5,6]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ., Қазақстан

[6]aygerim_talgatqyzy@mail.ru

https://doi.org/10.55956/UEQX1364

БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ КОМПОНЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа. Табиғи тамақ шикізатын пайдалану негізінде биологиялық құндылығы жоғары өнімдердің технологиясын әзірлеу және өндіру «Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021-2025 жылдарға арналған ұлттық жобасы» мемлекеттік бағдарламасында тұжырымдалған маңызды міндеттер болып табылады.

ДДҰ ФАО, сондай-ақ басқа да халықаралық ұйымдар микроэлементтер мен дәрумендердің жетіспеушілігі әртүрлі ауруларға, атап айтқанда жүрек-қан тамырлары, аллергиялық, аутоиммунды және инфекциялық ауруларға әкелетінін анықтады. Емдік-профилактикалық мақсаттағы тамақ өнімдері технологиясын дамытудың перспективалы бағыттарының бірі сүт өнімдері технологиясында биологиялық белсенді компоненттердің құрамында теңдестірілген қолдану болып табылады. Сондай-ақ, әзірленген тағамдық қоспалар сиыр уызын байыту үшін қолданылады. Мақалада БАД – BIO-AP-IRGA сүт өнімдерінің құрамы мен қасиеттеріне әсерін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Сүзбенің тәжірибе үлгісінде антиоксиданттық белсенділік пен фенолдық қосылыстардың жоғарылауы анықталды, сонымен қатар С витаминінің айтарлықтай жоғарылауы байқалды.

Тірек сөздер: диеталық қоспалар, сүт, уыз сүті, ірға, полифенолдар, С дәрумені.

Макангали, Қ.Қ. Биологиялық белсенді компоненттерді қолдану негізінде сүт өнімдерінің технологиясын жетілдіру [Мәтін] / Қ.Қ. Макангали, Т.Ч. Тултабаева, Г.Н. Жакупова, А.Т. Сағандық, А.Х. Мулдашева, А.Т. Ахметжанова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.41-48. https://doi.org/10.55956/UEQX1364

Кіріспе. Тұтынушылар тамақтанудың денсаулыққа тигізетін маңызды рөлін, сондай-ақ тамақ өндірісінің қоршаған ортаға әсерін көбірек біледі. Азық-түлік өнеркәсібі өсіп келе жатқан бәсекеге қабілетті нарықта пайдалы

тағамға арналған органикалық ингредиенттерді табу мәселесіне тап болады. Бұл тұрғыда функционалды өнімдерде қарапайым тамақтанудан басқа денсаулыққа пайдалы ингредиенттер бар мысалы, дәрумендер, антиоксиданттар, ақуыздар және маңызды май қышқылдары, тұтынушыларға қосымша пайда әкеледі және нарықты саралау мүмкіндігі жоғары. Дәстүр бойынша, функционалды тағамдық ингредиенттердің көпшілігі жердегі өсімдіктер мен жабайы өсімдіктерден алынған. Жақында өсімдіктер функционалды тағамға арналған ингредиенттердің көзі ретінде танылды, өйткені олардың құрамында антиоксидантты пигменттер, полисахаридтер, полиқанықпаған май қышқылдары, дәрумендер мен ақуыздар сияқты биологиялық белсенді қосылыстар болуы мүмкін [1].

Пайдалы қоректік заттардағы ағзаның жетіспеушілігін толтыру үшін тұтынушылар мен өндірушілер арасында функционалды өнімдер үлкен сұранысқа ие. Функционалды өнімдер – бұл клиникалық сынақтан өткен және адам денсаулығына белгілі бір профилактикалық қасиеті бар өнімдер. Олар бүкіл әлемде диетада ең көп сұранысқа ие тағамдар болып табылады, өйткені олар жағымды дәмге ие және адам ағзасына тыныштандыратын әсер етеді. Олар табиғи немесе жасанды болуы мүмкін [2]. Жалпы номенклатурадан алынған мәліметтерге сәйкес, 2018 жылдың 12 қазанында мамандандырылған тамақ өнімдерінің 1109 түрі тіркелген. Олардың ішінде 396 түрі спортшыларға арналған интеграцияланған тамақ өнімдеріне жатады, 10 түрі – мамандандырылған энтеральды тамақтануға арналған өнімдер, 109 түрі – балалар тағамына арналған мамандандырылған өнімдер, ал 437 түрі – басқа мақсаттағы өнімдер. Бұл мамандандырылған өнімдердің көпшілігі сүт өнімдері түрінде шығарылды [3]. Алайда, пайдалы тағамдардың ассортиментінің ішінде отандық дайын сүт өнімдерінің аз мөлшері бар. Біртекті қоспалары бар ашытылған сүт өнімдерінің сипаттамаларын сақтау үшін алдын алу шараларын ескеретін технологияларды әзірлеу қажет. Сондықтан оңтайлы формуланы табу және техникалық шешімдерді таңдау үшін егжей-тегжейлі биохимиялық зерттеулер қажет.

Сүзбе-казеин, кальций, мырыш, фосфор және бірнеше дәрумендер сияқты минералдар сияқты ақуызға бай дәмді және танымал сүт өнімдерінің бірі, сонымен қатар пробиотик ретінде әрекет етеді, сондықтан қант диабетімен ауыратын науқастар үшін пайдалы деп насихатталады.

Сүзбенің құрамы мен микробтық флорасы географиялық орналасуына, сондай-ақ ашытқыларға байланысты өзгереді. Сүзбе мен йогуртта кездесетін лактобактериялардың түрлері қабынуды азайтатын және осылайша қант диабетінің даму қаупін төмендететін пробиотиктер ретінде қолданылады. Бір қызығы, сүзбеде кездесетін бактериялардың 29 түрін кеңінен зерттеу барысында тек үшеуінің пробиотикалық потенциалы бар екендігі анықталды. Сүт өнімдерінің технологиясында сарысу ақуыздарын қолдану ашытылған сүт өнімдерінің биологиялық құндылығын арттырады.

Қазіргі уақытта толық сүт өнімдерін өндірудегі қайталама ресурстардың үлес салмағы сүт ресурстарының 2/3 құрайды. Халықаралық сүт федерациясының деректері бойынша әлемде алынатын 80 млн.тоннадан астам сарысудың 50%-ы тиісті қолдануды таппайды. Сүт сарысуында 200-ден астам маңызды қоректік заттар бар, соның ішінде лактоальбумин, қан сарысуындағы альбумин, иммуноглобулиндер және протеозопептондар сияқты сарысулық ақуыздармен ұсынылған ақуыз қосылыстарының 25% дейін. Сонымен қатар, сүт сарысуы ферменттердің ерекшеліктеріне ие және құрамында темір бар ақуыздарға бай. Сарысулық ақуыздарда пропорциямен

тұрақтандырылған фенилаланин мен тирозин алмастырылмайтын аминқышқылдарын құрайды [4].

Сүт және өсімдік өнімдерін жасауда оңтайлы нәтижеге жетудің ең жақсы тәсілдерінің бірі-сүтсіз әр түрлі ресурстарды пайдалану кезінде қарапайым технологияларды игеру. Көбінесе тағамның дәмі мен консистенциясын жақсарту үшін бар сүт негізін табиғи компоненттермен ішінара немесе толық өзгерту қажет болады. Өнім өндірісінде қолданылатын ингредиенттерге жемістер, жидектер, көкөністер, дәнді дақылдар, крахмалды толтырғыштар, жеуге жарамды дақылдар мен шөптер кіреді. Сонымен қатар, өнімді өндіруде антиоксиданттар, тұрақтандырғыштар, хош иістендіргіштер және басқалары жиі қолданылады заттар оларға қосымша қасиеттер береді. Бұл бізге қарапайым технологиялар мен сүт-өсімдік өнімдерін дамытуға арналған түрлі ресурстармен қамтамасыз ететін мүмкіндіктердің бірнешеуі ғана [5]. Олардың ерекшеліктері мен функционалдық қасиеттері, түстер мен дәмдердің әртүрлілігі және олардың маңызды медициналық-биологиялық қасиеттері – дәрумендер, минералды элементтер және диеталық талшықтар сияқты көптеген биологиялық белсенді заттар бар [6,7] саланың арнайы профилактикалық өнімдерін жасау кезінде толығымен ескеріледі. Әр түрлі жағдайларда азық-түлікті байыту адамдардың тамақтану жағдайын жоғарылатуы мүмкін. Сүзбелер, десерттер, коктейльдер, сүзбе пасталары және басқалары сияқты табиғи ингредиенттері бар ашытылған сүт өнімдері [8]. Мұның бәрі өнімдерді термиялық өңдеу кезінде, сондай-ақ қантты қолдану кезінде дайын өнімнің тағамдық құндылығы жоғалады. Бұл салада ырғай және арония шырындары сияқты жабайы шикізат жидектерінің табиғи шырындары ерекше қызығушылық тудырады. Жидек шырындарын биологиялық белсенді компоненттер түрінде енгізу дайын өнімнің тағамдық құндылығын арттырады.

Осылайша, бұл жұмыстың мақсаты биологиялық белсенді заттармен байытылған ырғай жидектері мен арония шырындары мен сарысу ақуыздарының концентратын құрудың технологиялық әдістерін негіздеу болды. Осы саладағы зерттеулер және оларды талдау биологиялық белсенді заттарды қолдана отырып, сүзбе технологиясын дамыту өзекті [9].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Физика-химиялық және органолептикалық зерттеулерді анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер С. Сейфуллин атындағы ҚАЗАТИУ «Сүт және сүт өнімдерін өңдеу жөніндегі өндірістік-эксперименттік цехтың» базасында, сондай-ақ «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының ғылыми зертханасында жүргізілді. Сынақ 6 рет жүргізілді, мәліметтерін статистикалық әдіспен өңдеу нәтижесінің негізінде пайдаланылған әдістің қайталанғыштығы, алынушылығы, сондай-ақ абсолютті қателігі анықталды.

Зерттеу барысында қолданылатын негізгі физика-химиялық талдаулар төменде келтірілген:

– Сүттің титрленетін қышқылдығы МЕМСТ 3624-92. Сүт және сүт өнімдері. Анықтау әдістері титриметриялық қышқылдықтар;

– Сүзбенің титрленетін қышқылдығы МЕМСТ 3624-92. Сүт және сүт өнімдері;

– Сүзбе ылғалдылығы RADWAG MA 60.3 ылғал өлшегіші арқылы анықталды;

– Қышқылдық РН-метрді қолдана отырып Потенциометриялық әдіспен анықталды МЕМСТ 8.135-2004 техникалық және метрологиялық сипаттамалары. Оларды анықтау әдістері. Ақуыздардың, майлардың және

қатты заттардың құрамы сұйық және қатты материалдарды талдау үшін FT-NIR жақын инфрақызыл TANGO Bruker зертханалық спектрометрінің көмегімен анықталды, спектрлік диапазон 11500-4000 $см^{-1}$;

– Жидектердегі фенолдық қосылыстар диодты детекторға және масс-спектрометрге (HPLC-DAD-ESI-MS/MS) қосылған, Bessada, S.M.F және т.б. ұсынған жағдайларда жұмыс істейтін жоғары тиімді сұйық хроматография арқылы талданды [10]. Осы мақсатта гидро этанол сығындылары этанолда/суда (80:20, айн/айн) 10 мг/мл соңғы концентрацияға дейін қайта ерітіліп, диаметрі 0,22 мкм бір реттік сүзгі дискісін пайдаланып сүзілді. Қосылыстарды сәйкестендіруге алынған ұстау уақытының мәндерін, ультракүлгін көрінетін спектрді және масс-спектрлерді қол жетімді стандарттар деректерімен салыстыру арқылы қол жеткізілді. Анықталған қосылыстар кофе қышқылы, ферул қышқылы және кверцетин-3-о-гликозид (Extrasynthese, Genay, Франция) стандарттарынан алынған 200-5 мкг/мл диапазонындағы калибрлеу қисықтары арқылы сандық түрде анықталады. Нәтижелер бір г сығындыға мг түрінде көрсетілді [11].

– Жидектердегі антиоксиданттық белсенділік (TBARS). Зерттелетін жидектердің антиоксиданттық белсенділігін анықтау үшін MDA-ның тиобарбитур қышқылымен (TBA) өзара әрекеттесу компоненттерінің 532 нм-де сіңуін өлшейтін және тіркейтін әдіс қолданылды [12]. ARC TB реакциясы шошқаның ми жасушаларының тіндерін тотығатын субстрат ретінде пайдалану арқылы бағаланды және нәтижелер сығындының максималды тиімді концентрациясының (EC50), (мг/мл) жартысы ретінде көрсетілді. Жартылай максималды ингибиторлық Концентрациялардың (EC50) (мкг/мл) мәндері 60 және 120 мин уақыт аралықтары (Δt) үшін есептелді және эритроциттер популяциясының 50% – 60 және 120 мин бойы бүтін ұстау үшін қажетті сығынды концентрациясына төзді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ашытылған сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеу үшін BIO-AP-IRGA диеталық қоспасын (бұдан әрі БАД) енгізудің әртүрлі мөлшерлері таңдалды [13]. Ашытылған сүт өнімдерін алу үшін шикізат ретінде сиыр сүті қолданылды. Сүттің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштері МЕМСТ 31450-2013 «Сүт және сүт өнімдері» талаптарына сәйкес келді. Деректер 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Сүттің физико- химиялық көрсеткіштері

Атауы	Көрсеткіштері	МЕМСТ
Тығыздылығы, $кг/м^3$	1029	1024-1030
Ақуыздың массалық үлесі, кем емес %	2,80	3
pH	6,5	3-8
Қышқылдылығы, артық емес °Т	19	20-21
Майлылығы, кем емес %	3,01	2,8
Құрғақ майсыз сүт қалдығы, кем емес %	8,12	8,2
Лактоза, кем емес %	3,26	4,6

BIO-AP-IRGA биолоиялық қоспалары сарысуы бар ақуыз концентраты (бұдан әрі-КСБ), ырғай және арония ұнтағы ашытуға дейін және одан кейін енгізілді. Ашытқы ретінде micromilk (Streptococcus thermophilus; Lactococcus Lactis, Lactococcus Cremoris; leuconostoc Mesenteroides, Subsp.Cremoris; Lac.biovar diacetylactis). Ашытқы сүт көлемінің 5% мөлшерінде енгізілді.

Сүзбені ашыту процесі зертханалық жағдайда жүргізілді. Сүзбе үшін ашыту температурасы 35-37°С, ұзақтығы 6 сағат болды. Сүтке енгізілетін биологиялық қоспалардың мөлшері зерттелетін сүт көлемінің 1%-дан 20%-ға дейін болды. Алынған үлгілерде физика-химиялық көрсеткіштерге талдау және дайын өнімді органолептикалық бағалау жүргізілді. Жүргізілген талдауларға сәйкес, ашытуға дейін диеталық қоспаларды енгізу арқылы үлгілердің нұсқалары органолептикалық көрсеткіштер бойынша да, физика-химиялық деректер бойынша да жақсы нәтиже көрсеткені анықталды.

Ашытуға дейін биологиялық белсенді қоспалар қосылған сүзбе біркелкі түсті, қанықкан үйлесімді дәм, біртекті консистенцияға ие болды. Ашытудан кейін диеталық қоспалар қосылған сүзбе қышқыл дәмге және біркелкі емес консистенцияға және жидек бөлшектерінің қатты қосылыстарына ие болды.

Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, сүзбеге биологиялық белсенді қоспаларды 10% мөлшер енгізу жақсы нәтиже көрсеткені анықталды. Сүзбе үйлесімді дәмге ие, біркелкі ашық күлгін түске ие.Алынған үлгілерде сүзбенің сапалық көрсеткіштерін анықтау бойынша негізгі талдаулар жүргізілді. Биологиялық қоспаларды 2-14% дейін қолданған кезде сүзбенің титрленетін қышқылдығы айтарлықтай әсер етпейтіні анықталды. Сүзбенің титрленетін қышқылдығы 80°Т-тан аспайды. Алайда, биологиялық белсенді қоспаларды 16-20% дозада енгізу титрленетін қышқылдықты 125° тоннадан жоғары арттырды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде физика-химиялық деректер мен органолептикалық бағалау бойынша ең оңтайлы болып 10% дозада ашытуға дейін диеталық қоспаларды енгізе отырып, сүзбе өндіру әдісі табылды.

Алынған мәліметтерге сәйкес, биологиялық қоспалардың 10% қолдану арқылы алынған сүзбенің ақуыздық органолептикалық көрсеткіштерге оң әсер ететін құрғақ заттар мен ақуыздың жоғарылауын көрсетеді. Ырғай жидектерінің антиоксиданттық қасиеттері бар екенін ескере отырып, полифенолдар мен С витаминінің құрамы ырғай мен арония ұнтақтарында да анықталды. Микробиологиялық және биохимиялық көрсеткіштерді анықтау үшін 10% тағамдық қоспалар қосылған тәжірибелік үлгі АО «Алматы технологиялық университеті» «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау жөніндегі ғылыми-зерттеу» зертханасына жіберілді. Талдау нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2

BIO-AP-IRGA биологиялық қоспалары бар сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	Сүзбе бақылау	Сүзбе ББК қосылған	Сынақ әдістері бойынша
1	2	3	4	5
1	*Физико-химиялық көрсеткіштер:*			
	Титрленетін қышқылдық, ºТ	219	180	МЕМСТ 3624-92
	-белоктың массалық үлесі,%	41,88±0,79	34,56±0,52	МЕМСТ 5867-90
	-майдың массалық үлесі,%	3,603±0,54	2,491±0,36	Перманганато-
	-көмірсулардың массалық үлесі,%	1,67±0,03	9,8±0,15	метриялық әдісі
	Майда еритін антиоксиданттар, мг/г	0,03±0,0004	0,11±0,0002	МЕМСТ Р 54037-2010
	-күлдің массалық үлесі,%	2,17±0,03	3,76±0,04	МЕМСТ Р
	-полифенолдар,%	0,002±0,0001	1,86±0,0005	51463-99

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
2	*Витаминдер:* -С, мг/100 г	3,38±0,06	7,59±0,07	МЕМСТ 30627-98
3	*Микробиологиялық көрсеткіштер:* -КМАФАнМ, КОЕ/г	$8*10^3$	$7*10^3$	МЕМСТ 10444.15-94
	-БГКП таяқшалар (колиформалар) 1,0 $см^3$ өнімде	Табылмады	Табылмады	МЕМСТ 31747-2012
	-патогенді, оның ішінде 25 $см^3$ (г) өнімдегі сальмонелла	Табылмады	Табылмады	МЕМСТ 31659-2012 (ISO 6579-2002)
ББК – биологиялық белсенді көрсеткіштері				

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде биологиялық белсенді қоспаларды енгізу дайын сүзбенің сапасын едәуір арттыратыны анықталды. Өсімдік компоненттерін енгізу сүзбенің антиоксиданттық белсенділігін 0,03 мг/г-ден 0,11 мг/г-ға дейін арттырды, бұл алынған өнімнің бос радикалдарды жою қабілеті бар екенін дәлелдейді. Сонымен қатар, дайын өнімде полифенолдардың жоғары мөлшері анықталды, олардың мөлшері 1,86%-ға жетеді, бұл фенолдық қосылыстарға бай ирги жидектері мен арония ұнтақтарын қолдану диеталық қоспалармен байытылған сүзбенің биохимиялық құрамына оң әсер етті деген қорытындыға әкеледі. Өнімде фенолдық қосылыстардың болуы адамның жүрек-қантамыр жүйесіне оң әсер етеді, иммуномодуляциялық әсер етеді. Сондай-ақ, биологиялық белсенді қоспалармен бірге сүзбедегі күлдің жоғарылауы анықталды, бұл дәрумендер мен минералдардың көзі болып табылатын ырғай жидектері мен арония ұнтағының болуымен түсіндіріледі, сондықтан үлгідегі күлдің жоғарылауы сүзбе мен биологиялық белсенді қоспалардың дәрумен-минералды құрамының жоғарылауына байланысты. Алайда, үлгідегі ақуыз бен майдың мөлшері бақылау үлгісіне қарағанда төмен, өйткені осы заттардың аз мөлшеріне ие өсімдік компонентінің ұнтақтарын енгізу ақуыздардың жалпы санын және сүзбе майының мөлшерін азайтты. Алайда, биологиялық белсенді қоспалары бар сүзбенің май мөлшері МЕМСТ-қа сәйкес келетін 2,5% мөлшерінде қалады. Сондай-ақ, дайын үлгіде көмірсулардың мөлшері 1,67%-дан 9,8%-ға дейін жоғарылайды, бұл тәтті дәмі бар жидектер мен арония ұнтақтарын енгізуді түсіндіреді. Айта кету керек, жидектердегі көмірсулардың құрамы негізінен фруктоза болып табылады. Дайын өнімдегі С дәруменінің мөлшері шамамен 2 есе өсті, 3,38-ден 7,59 мг/100 г дейін.

Жүргізілген зерттеулер, зертханалық жағдайда жасалған, құрамында BIO-AP-IRGA, ырғай және арония ұнтағы бар биологиялық белсенді қоспалар қолданылды. Ырғай мен арония жидектерінің құрамында полифенолдар мен С дәрумені бар екенін, сондай-ақ жидектердің антиоксиданттық белсенділігі бар екенін ескере отырып, биологиялық белсенді қоспалар қосылған сүзбеде осы компоненттердің негізі анықталды. С дәрумені дене тіндеріндегі метаболизмге қатысатын маңызды дәрумендердің бірі екені белгілі. Сонымен қатар, с дәрумені ағзаның инфекцияларға төзімділігін арттырады. Алынған сүзбеде полифенолдардың едәуір мөлшері табылды, сонымен қатар йогурт антиоксиданттық белсенділіктің жақсы көрсеткіштеріне ие. Сүзбе технологиясында биологиялық белсенді қоспаларды қолдану BIO-AP-IRGA қоспаларымен

байытылған сүзбенің биологиялық құндылығын, тағамдық құндылығын және функционалдығын жақсартады.

Қорытынды. Осылайша, зертханалық жағдайда әзірленген BIO-AP-IRGA биологиялық белсенді қоспа сүзбенің химиялық құрамы мен антиоксиданттық қасиеттеріне әсерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Дайын сүзбеде ақуыздардың, С дәруменінің, полифенолдардың мөлшері едәуір артқаны анықталды. Антиоксиданттық қасиеттердің жоғарылауы байқалды. Нәтижелер биологиялық белсенді қоспаларымен байытылған сүзбенің биологиялық құндылығын көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Natrella G. et al. An attempt at producing a “lactose-free” directly acidified mozzarella (high moisture type) by curd washing and pressing: A chemical and sensory study //International Dairy Journal. – 2023. – Vol. 136. – P. 105499.
2. Kayihura J.F. Partitioning of individual caseins between rennet curd and whey: Impact of pre-acidification and pre-salting of reconstituted skim milk //Food and Humanity. – 2023. – Vol. 1. – P. 905-911.
3. Patil R. et al. Role of curd and yogurt in establishment and progression of diabetes through protein glycation and induction of inflammation //Food Bioscience. – 2021. – Vol. 39. – P. 100829.
4. Surber G. et al. Cream cheese made with exopolysaccharide-producing Lactococcus lactis: Impact of strain and curd homogenization pressure on texture and syneresis //Journal of Food Engineering. – 2021. – Vol. 308. – P. 110664.
5. Kayihura J. F. Structural dependence of concentrated skim milk curd on micellar restructuring //Heliyon. – 2024. – Vol. 10. – No. 1.
6. Peter A. et al. Chemical and organoleptic changes of curd cheese stored in new and reused active packaging systems made of Ag-graphene-TiO2-PLA //Food Chemistry. – 2021. – Vol. 363. – P. 130341.
7. Yang T. et al. Thin sheets of bean curd treated by cold plasma: Changes in surface structure and physicochemical properties //Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2023. – Vol. 84. – P. 103288.
8. Wei G. et al. Microbiology, flavor formation, and bioactivity of fermented soybean curd (furu): A review //Food Research Int. – 2023. – Vol. 163. – P. 112183.
9. Verdú S. et al. Laser-backscattering imaging for characterising the dairy matrix in different phases during curd processing //Food Control. – 2021. – Vol. 128. – P. 108193.
10. Saugo M. et al. Mineral equilibrium in commercial curd and predictive ability of near-infrared spectroscopy //Journal of Dairy Science. – 2021. – Vol. 104. – No. 4. – P. 3947-3955.
11. Niero G. et al. Repeatability and reproducibility of curd yield and composition in a miniaturized coagulation model //Journal of Dairy Science. – 2020. – Vol. 103. – No. 12. – P. 11100-11105.
12. Chen C. et al. Flavor profiles and microbial communities of Chinese acid-curd cheeses: A review of recent research //Trends in Food Science & Technology. – 2023. – P. 104308.
13. Innocente N. et al. Volatilome of brine-related microorganisms in a curd-based medium //Journal of Dairy Science. – 2023. – Vol. 106. – No. 12. – P. 8404-8414.

Бұл жұмыс гранттық жоба аясында ИРН BR21882184 2ПЦФ-МНВО/24 «Азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін тәуекелдерді басқару жөніндегі шаралар кешенін құру және биологиялық құндылығы жоғары ет-сүт өнімдерін әзірлеу» және ИРН AP1471765 «Азық-түлікті байыту үшін өсімдік шикізаты негізінде микроэлементтер кешенін ала отырып, BIO-AP биологиялық белсенді қоспаны әзірлеу» жобасы шеңберінде жүргізілді.

Материал редакцияға 10.06.24 түсті.

К.К. Макангали[1], Т.Ч. Тултабаева[1], Г.Н. Жакупова[1], А.Т. Сагандык[1], А.Х. Мулдашева[1], А.Т. Ахметжанова[1],

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Аннотация. Разработка технологии и производство продуктов с повышенной биологической ценностью на основе использования натурального пищевого сырья являются важными задачами, сформулированными в государственной программе «Национальный проект по развитию агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2025 годы».

ФАО ВОЗ, а также другими международными организациями установлено, что дефицит микроэлементов и витаминов приводит к различным заболеваниям, в частности таких как сердечно-сосудистые, аллергические, аутоиммунные и инфекционные. Одним из наиболее перспективных направлений развития технологии пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения является применение сбалансированных в составе биологически активных компонентов в технологии молочных продуктов. Также, разработанный БАД применяется для обогащения коровьего молозива. В статье приведены результаты исследований по определению влияния БАД – BIO-AP-IRGA на состав и свойства молочных продуктов. Установлено повышение антиоксидантной активности и фенольных соединений в опытном образце творога, также отмечено значительное повышение витамина С.

Ключевые слова: биологически активные добавки, молоко, молозиво, ирга, полифенолы, витамин С.

K.K. Makangali[1], T.Ch. Tultabayeva[1], G.N. Zhakupova[1], A.T. Sagandyk[1], A.H. Muldasheva[1], , A.T. Akhmetzhanova[1]

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

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DAIRY PRODUCTS BASED ON THE APPLICATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS

Abstract. The development of technology and the production of products with increased biological value based on the use of natural food raw materials are important tasks formulated in the state program “National Project for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan for 2021-2025”.

It was determined by FAO and WHO, as well as other international organizations that deficiency of trace elements and vitamins leads to various diseases, such as cardiovascular, allergic, autoimmune and infectious. One of the most promising directions in the development of food technology for therapeutic and preventive purposes is the use of biologically active components balanced in the composition of dairy products. Also, the developed Biologically active supplement is used to enrich cow colostrum. The article presents the results of assays that describe determination of the effect of Biologically active supplements BIO–AP-IRGA on the composition and properties of dairy products.

Keywords: dietary supplements, milk, colostrum, chokeberry, irga, polyphenol, vitamin C.

IRSTI 65.29.03

Zh.I. Satayeva[1] – *main author*,
S. Eskhozhin[2]

[1]*PhD, Acting Associate Professor*, [2]*Director*

[1]*https://orcid.org/0000-0001-8327-3474*

[1]*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*
[2]*"Nuray 2013" LLP, Astana, Kazakhstan*

[1]julduz.kaynar@mail.ru

https://doi.org/10.55956/KLJM9869

RESEARCH OF GROATS FROM AMARANTH GROWN IN THE CONDITIONS OF CENTRAL KAZAKHSTAN

Abstract. Amaranth is a crop of interest to scientists and researchers due to its unique nutritional properties and resistance to climatic conditions. The aim of this research was to investigate the groats from amaranth grown in Central Kazakhstan for further use in the production of bakery and confectionery products. Amaranth groats were evaluated for its chemical composition, vitamin and mineral content, amino acid profile, food safety, and organoleptic assessment. The results showed that amaranth groats are rich in protein (17.97%), fiber (5.15%), and carbohydrates (67.68%). A high content of minerals (magnesium 190.96 mg per 100 g, calcium 173.41 mg, potassium 301.78 mg) was found in the amaranth groats, as well as vitamins B_1, B_2, B_6, B_5, B_{12}, and C. The amino acid profile of amaranth groats showed the presence of all amino acids necessary for human health. Based on the results obtained, the amaranth groats we produced is a rich source of biologically active compounds and, due to its nutritional properties, can be used in the development and improvement of functional food products.

Keywords: amaranth groats, chemical composition, amino acid profile, vitamins, minerals, food safety.

Satayeva Zh.I., Eskhozhin S. Research of groats from amaranth grown in the conditions of Central Kazakhstan //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.49-56. https://doi.org/10.55956/KLJM9869

Introduction. Globally, amaranth has long been recognized as a highly efficient agricultural crop, widely used in various fields. Interestingly, in southern Kazakhstan, amaranth, which includes more than fifty species, was until recently considered a persistent weed by farmers. In southern Kazakhstan, there are now plans to produce groats, oil, and even popcorn from amaranth [1].

The growing interest in using pseudo cereals in food technologies is linked to their high-quality amino acid, mineral, and vitamin composition [2]. Amaranth is valued for its key functional components, namely dietary fibers (11.10%) [3], proteins (10.18-29.35%) [4], polyunsaturated fatty acids (3.23%) [5], vitamins: riboflavin (0.23%), ascorbic acid (4.50%), folic acid, and vitamin E [6], minerals (calcium: 178 mg/100 g; magnesium: 248 mg/100 g; phosphorus: 557 mg/100 g; potassium: 508 mg/100 g) [5], and various biologically active compounds [7]. The biggest limitation of its functional properties is that amaranth does not contain

gluten and, therefore, lacks dough-forming and baking properties. However, it is a potential raw material for people with gluten intolerance.

Russian scientists recommend using amaranth oilcake in dairy, plant-based, meat, and cereal products, as well as in sweet and groats confectionery, and food concentrates [8].

Studies by other scientists confirm that using amaranth cake as a dry component can increase biological value due to its high content of easily digestible protein (18-20%), which includes all essential amino acids in sufficient quantities [9].

As a functional ingredient, gluten-free amaranth groats (containing fiber) can act as a prebiotic, while its proteins (with a unique amino acid profile) support muscle recovery [10].

Amaranth is a new crop for the northern regions of Kazakhstan, attracting researchers' and practitioners' attention due to its rich and balanced protein, high vitamin content, and mineral salts. We have conducted trial work observing the survival of the "Giant" variety of amaranth in Northern Kazakhstan. With the harvested amaranth, studies were conducted to produce oil from the seeds, use the dry mass of stems and leaves as animal feed, and examine the impact of the plant's growth on the soil [11].

Materials and methods. The research utilized seeds of the "Voronezh" grade of amaranth, cultivated by the farming enterprise "Nuray 2013" LLP in the Akmola region. The seeds were pre-defatted using a press method at the vegetable oil production workshop of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University. The resulting cake was ground in a crusher to obtain amaranth groats.

The organoleptic characteristics of the amaranth groats were determined according to GOST 27558-2022.

The mass fraction of protein was determined according to GOST 10846-91. This method involves the mineralization of organic matter with sulfuric acid in the presence of a catalyst to form ammonium sulfate, the decomposition of ammonium sulfate with an alkali to release ammonia, the distillation of ammonia with steam into a solution of sulfuric or boric acid, followed by titration.

The mass fraction of fat was determined according to GOST 29033-91 by extracting crude fat from amaranth groats using a solvent mixture of hexane and diethyl ether in a Soxhlet apparatus, followed by the removal of the solvent, drying, and weighing the extracted crude fat.

The mass fraction of carbohydrates was determined by the permanganometric method.

The mass fraction of fiber was determined according to GOST 31675-2012 with intermediate filtration.

Analyses to determine the organic substances, amino acid, mineral, and vitamin composition of amaranth groats samples were conducted in the Research Laboratory for the Assessment of Quality and Safety of Food Products at JSC "Almaty Technological University" (Protocol No. 342 dated April 22, 2024).

Research on the food safety of amaranth groats samples were carried out in the accredited laboratory of RSE "Center for Sanitary and Epidemiological Expertise" of the Medical Center of the Administrative Department of the President of the Republic of Kazakhstan (Protocol No. 157 dated January 11, 2024).

Research results. The results of the organoleptic characteristics of amaranth groats are presented in Table 1.

Table 1

Organoleptic Indicators of Amaranth Groats

Indicator	Standard document for research methods	Standard values of indicators	Research results
Color	Visually	Yellow and white shades with noticeable particles of groats husks	Corresponds
Taste and smell	GOST 27558-2022	Characteristic of amaranth groats without any off-odors or flavors	Corresponds

The Table 2 provides data on the mass fraction of protein, fat, carbohydrates, fiber, organic substances, energy value, as well as the content of key minerals and vitamins in amaranth groats.

Table 2

Analysis results of amaranth groats for physic-chemical parameters

Indicators	Standard document for research methods	Research results
Physic-chemical parameters, %:		
– protein content by mass	GOST 10846-91	17.97±0.27
– fat content by mass	GOST 29033-91	8.30±0.12
– carbohydrate content by mass	Perganometric method	67.68±1.01
– fiber content by mass	GOST 31675-2012	5.15±0.07
– organic substances	Thermogravimetric method	9.59±1.49
Energy value, kcal		417,3
Mineral elements:		
– magnesium, mg per 100 g	GOST 32343-2013	190.96±2.86
– calcium, mg per 100 g	GOST 32343-2013	173.41±2.60
– potassium, mg per 100 g	GOST 32343-2013	301.78±4.53
– iodine, μg per kg	MUK 4.1.1106-02	Not detected
Vitamins, mg per 100 g:		
– B_1	GOST 31483-2012	0.098±0.017
– B_2		0.147±0.043
– B_6		0.035±0.007
– B_5		0.961±0.22
– B_{12}		0.75±0.15
– C		3.14±0.04

An important indicator of raw materials is the amino acid composition. The content of essential and non-essential amino acids in amaranth groats is presented in Table 3 and chromatogram (Fig. 1).

Table 3

Amino acid composition of amaranth groats, %

Amino acids names	Standard document for research methods	Research results
1	2	3
Arginine	M-04-41-2005	1.404±0.562
Lysine		2.533±0.868
Tyrosine		0.915±0.274
Phenylalanine		1.085±0.326

Table 3 (continued)

1	2	3
Histidine	M-04-41-2005	1.255±0.628
Leucine-isoleucine		1.830±0.476
Methionine		0.745±0.253
Valine		1.468±0.57
Proline		1.043±0.271
Threonine		1.149±0.460
Serine		0.915±0.238
Alanine		1.936±0.503
Glycine		1.021±0.347

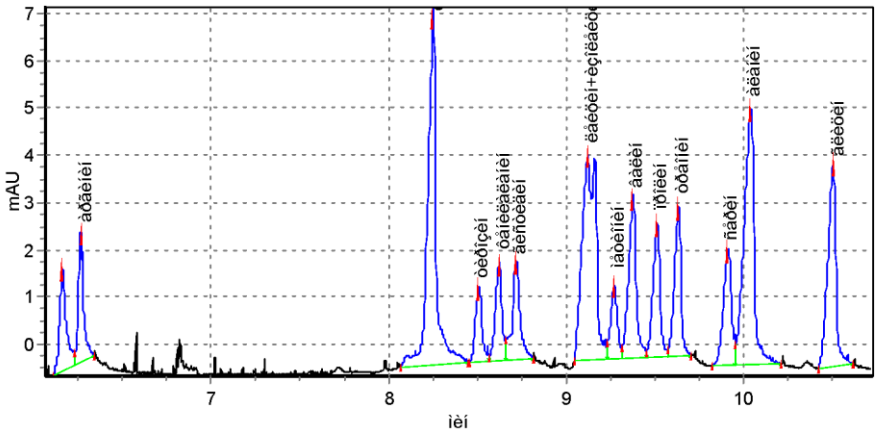


Fig. 1. Chromatogram of the amino acid composition of amaranth groats

Food safety is one of the main priorities for both producers and consumers. Food safety is one of the important issues facing humanity, as it determines the health of the nation, its development, and well-being. The term “safety” in accordance with the Technical Regulations of the Customs Union “On Food Safety” refers to the state of food products indicating the absence of unacceptable risk associated with harmful effects on humans and future generations. At all stages from storage, transportation, production, and storage, it is necessary to follow rules and ensure the food safety of raw materials and finished products. The results of food safety research are presented in Table 4.

Table 4

Analysis results of amaranth groats for food safety

Indicator	Standard document for research methods	Standard values of indicators	Research results
1	2	3	4
Mycotoxins, mg/kg: – aflatoxin B_1	GOST 30711-2001	Not more than 0,005	Not detected
Toxic elements, mg/kg – cadmium – lead – arsenic – mercury	 GOST 30178 GOST 30178 GOST 31266 GOST 26927	 Not more than 0,1 Not more than 0,5 Not more than 0,3 Not more than 0,02	 Not detected Not detected Not detected Not detected
Pesticides, mg/kg: – α-HCH	ST RK 2011-10	Not more than 0,5	0.00

Table 4 (continued)

1	2	3	4
– β-HCH	ST RK 2011-10	Not more than 0,5	0.00
– γ-HCH	ST RK 2011-10	Not more than 0,5	0.00
4,4'-DDT and its metabolites:			
– DDT	ST RK 2011-10	Not more than 0,02	0.00
– DDE	ST RK 2011-10	Not more than 0,02	0.00
– DDD	ST RK 2011-10	Not more than 0,02	0.00

Discussion. The organoleptic characteristics of the studied amaranth groats meet the requirements of GOST 27558-2022. The obtained results of the physic-chemical parameters of amaranth groats (Table 2) are almost in agreement with the results obtained by other researchers [12,13], which reported 15.38% and 15.05% crude protein, 3.55% and 3.00% crude fiber, and 65.69% carbohydrates in amaranth groats, respectively. The chemical composition results of our amaranth groats are superior, with protein content at 17.97%, crude fiber at 5.15%, and carbohydrates at 67.68%. The fat content (8.3%) and nutritional value (417 kcal) of the studied amaranth groats match the data of other researchers [14], which reported 8.2% fat and 417.2 kcal. However, the content of minerals such as magnesium and calcium in amaranth groats grown in the central region of Kazakhstan was significantly higher compared to data from Nigerian researchers: magnesium 190.96 mg/100 g (8.23 mg/100 g) and calcium 173.41 mg/100 g (33.29 mg/100 g). The mineral content is approximately twice as high as in regular cereals [15].

Overall, amaranth is not a significant source of vitamins. However, analysis of Table 2 shows the presence of B group vitamins and a high content of vitamin C. Some studies claim that amaranth contains more riboflavin (vitamin B_2), folic acid (vitamin B_9), and ascorbic acid (vitamin C) compared to regular cereals [15].

The amino acid composition of amaranth protein is considered close to that of an ideal protein. Since the quality of its protein is similar to that of animal sources [16,17], amaranth groats can be considered an alternative to meat in the human diet [18], not only due to its favorable amino acid composition but also because protein is the second most abundant nutrient [16,17,19].

Data from Table 3 and the chromatogram show an ideal balance and quality of amino acids. Eight essential amino acids were found: histidine (1.255%), isoleucine with leucine (1.830%), lysine (2.533%), methionine (0.745%), phenylalanine (1.085%), threonine (1.149%), and valine (1.468%), which play an important role in the human body by promoting protein synthesis, influencing human metabolism, regulating numerous biological processes, and affecting body mass and energy balance. In comparison, the article [20] reports much lower contents of these amino acids at 0.23%; 0.95%; 0.54%; 0.28%; 0.43%; 0.38%, and 0.42%, respectively.

Conclusion. The conducted research has confirmed the nutritional value of amaranth groats. The properties of amaranth groats combine characteristics of a safe and health-beneficial product and raw material. Thus, amaranth groats can be used as a natural substance in the food industry. The research results confirm that the protein content in amaranth groats (17.97%) is comparable to meat, making it an alternative high-protein product. The nutritional value of amaranth groats is further highlighted by its high content of essential minerals such as magnesium (190.96%), calcium (173.41%), and potassium (301.7%). The amino acid profile of

amaranth groats shows significant levels of almost all essential and non-essential amino acids. The safety of amaranth groats was demonstrated by the absence of mycotoxins, toxic elements, and pesticides including 4,4-DDT and its metabolites.

The superior nutritional value and health-promoting properties of amaranth should encourage food producers to develop new technologically innovative functional food products. We will continue research on cultivating other varieties of amaranth, developing new beneficial products based on amaranth groats, and conducting detailed studies of their qualitative indicators to determine the balanced use of this raw material.

Amaranth should be recognized as one of the promising nutrient-rich and health-beneficial crops with great potential to expand the range of food products and enhance the country's economy.

References

1. Amaranth has begun to be grown in Southern Kazakhstan. Caravan [Electronic resource]. – Access mode: https://www.caravan.kz/gazeta/v-yuzhnom-kazakhstane-nachali-vyrashhivat-amarant-79775/. Дата обращения 17.02.2024. [in Russian].
2. Ngugi C.C. et al. Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds //Aquaculture Reports. – 2017. – Vol. 5. – P. 62-69.
3. Alonso-Miravalles L., O'Mahony J.A. Composition, protein profile and rheological properties of pseudocereal-based protein-rich ingredients //Foods. – 2018. – Vol. 7. – No. 5. – P. 73.
4. Coțovanu I., Mironeasa S. Impact of different amaranth particle sizes addition level on wheat groats dough rheology and bread features //Foods. – 2021. – Vol. 10. – No. 7. – P. 1539.
5. Joshi K., Kushwaha A., Kulshrestha K. Development and Evaluation of Amaranth-Soy-Wheat Composite Groatss //European Journal of Nutrition & Food Safety. – 2019. – Vol. 9. – No. 2. – P. 122-133.
6. Schoenlechner R. et al. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat //Plant foods for human nutrition. – 2010. – Vol. 65. – P. 339-349
7. Vollmer M. et al. Chlorogenic acid versus amaranth's caffeoylisocitric acid–Gut microbial degradation of caffeic acid derivatives //Food research international. – 2017. – Vol. 100. – P. 375-384.
8. Bochkarev M. S. et al. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry //Foods and Raw materials. – 2016. – Vol. 4. – No. 1. – P. 4-12.
9. Dombrovskaya YA.P. et al. Nauchno-prakticheskiye podkhody k razrabotke konditerskikh izdeliy novogo pokoleniya [Scientific and practical approaches to the development of new generation confectionery products] // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – Vol. 82. – No. 4. – P. 60-68. [in Russian].
10. Antonio T. G., Javier L. R. F. Functional Value of Amaranth as Applied to Sports Nutrition //Nutritional Value of Amaranth. – IntechOpen, 2019.
11. Satayeva ZH.I., Yeskhozhin S. Perspektivy vyrashchivaniya amaranta v usloviyakh tsentral'nogo Kazakhstana [Prospects for growing amaranth in the conditions of central Kazakhstan] //Materialy Mezhd. nauchno-prakticheskoy konf. "Selektsiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy i sovershenstvovaniye tekhnologii ikh vozdelyvaniya" [Proceedings of the Int. scientific and practical conf. "Breeding of agricultural plants and improving the technology of their cultivation"] (February 27, 2024), P. 142-146. [in Russian].
12. Gebreil S.Y., Ali M.I.K., Mousa E.A.M. Utilization of amaranth groats in preparation of high nutritional value bakery products //Food and Nutrition Sciences. – 2020. – Vol. 11. – No. 5. – P. 336-354.

13. Chauhan A., Saxena D. C., Singh S. Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth groats blend cookies //Cogent Food & Agriculture. – 2016. – Vol. 2. – No. 1. – P. 1125773.
14. Tanimola A. R., Otegbayo B., Akinoso R. Chemical, functional, rheological and sensory properties of amaranth groats and amaranth groats-based paste //African Journal of Food Science. – 2016. – Vol. 10. – No. 11. – P. 313-319.
15. Pastor K., Acanski M. The chemistry behind amaranth groatss //Journal of Nutritional Health & Food Engineering. – 2018. – Vol. 8. – No. 5. – P. 358-360.
16. Balakrishnan G., Schneider R. G. The role of Amaranth, quinoa, and millets for the development of healthy, sustainable food products – A concise review //Foods. – 2022. – Vol. 11. – No. 16. – P. 2442.
17. Janmohammadi H. et al. Effect of dietary Amaranth (Amaranthus hybridus chlorostachys) supplemented with enzyme blend on egg quality, serum biochemistry and antioxidant status in laying hens //Antioxidants. – 2023. – Vol. 12. – No. 2. – P. 456.
18. Segura-Nieto M. Biochemistry of amaranth proteins //Amaranth biology, chemistry, and technology. – CRC Press, 2018. – P. 75-106.
19. Wrigley C. W., Corke H., Walker C. E. Encyclopedia of groats science. – Academic Press., 2004.
20. Hosseintabar-Ghasemabad B. et al. Effects of using processed Amaranth Groats with and without enzyme on performance, Egg Quality, antioxidant status and lipid Profile of blood and yolk cholesterol in laying hens //Animals. – 2022. – Vol. 12. – No. 22. – P. 3123.

Material received on 20.06.24.

Ж.И. Сатаева[1], С. Есхожин[2]

[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]«Нұрай 2013» ЖШС, Астана қ., Қазақстан

ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАНДА ӨСІРІЛГЕН АМАРАНТТАН АЛЫНҒАН ЖАРМАНЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Амарант өзінің ерекше тағамдық қасиеттеріне және климаттық жағдайларға төзімділігіне байланысты ғалымдар мен зерттеушілердің қызығушылығын тудыратын дақыл. Бұл зерттеудің мақсаты нан-тоқаш және кондитерлік өнімдер өндірісінде одан әрі пайдалану үшін Орталық Қазақстанда өсірілген амаранттан алынған жармаларын зерттеу болды. Амарант жармалары химиялық құрамы, дәрумендер мен минералдардың мөлшері, аминқышқылдарының құрамы, тағамдық өнімдердің қауіпсіздігі және органолептикалық крсеткіштері бойынша бағаланды. Нәтижелер амарант жармаларының ақуызға (17,97%), талшықтарға (5,15%) және көмірсуларға (67,68%) бай екенін көрсетті. Амарант жармаларында минералдардың көп мөлшері (100 г-ға магний 190,96 мг, кальций 173,41 мг, калий 301,78 мг), сонымен қатар B_1, B_2, B_6, B_5, B_{12} және С дәрумендері бар. Амарант жармаларының аминқышқылдық профилі адам денсаулығына қажетті барлық аминқышқылдарының мөлшерін көрсетті. Осы жерден алынған нәтижелерге сүйенсек, біз алған амарант дәні биоактивті қосылыстардың бай көзі болып табылады және оның қоректік қасиеттеріне байланысты функционалдық азық-түліктерді әзірлеуде және жақсартуда қолдануға болады.

Тірек сөздер: амарант жармасы, химиялық құрамы, аминқышқылдарының құрамы, дәрумендер, минералдар, азық-түлік қауіпсіздігі.

Ж.И. Сатаева[1], С. Есхожин[2]

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
[2]ТОО «Нурай 2013», г. Астана, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУПЫ ИЗ АМАРАНТЫ, ВЫРАЩЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. Амарант представляет собой культуру, интересную для ученых и исследователей благодаря своим уникальным питательным свойствам и устойчивостью к климатическим условиям. Целью данной работы было исследование крупы из амарантов, выращенной в Центральном Казахстане для дальнейшего использования в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий. Амарантовую крупу оценивали по химическому составу, содержанию витаминов и минеральных веществ, аминокислотному составу, пищевой безопасности и органолептической оценке. Результаты показали, что амарантовая крупа богата по содержанию белка (17,97%), клетчатки (5,15%), углеводов (67,68%). В амарантовой крупе обнаружено высокое количество минералов (магния 190,96 мг на 100 г, кальция 173,41 мг, калия 301,78 мг), а также витамины B_1, B_2, B_6, B_5, B_{12} и С. Аминокислотный профиль амарантовой муки показал содержание всех аминокислот, необходимых для здоровья человека. Судя по полученным здесь результатам, полученная нами амарантовая крупа является богатым источником биологически активных соединений и благодаря своим питательным свойствам может использоваться при разработке и совершенствовании функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: амарантовая крупа, химический состав, аминокислотный состав, витамины, минералы, пищевая безопасность.

МРНТИ 65.55.33

Д.А. Тлевлесова[1] – *основной автор,*
Ж.К. Усембаева[2], Д.Р. Даутканова[3]

[1]*PhD, ассоц. профессор,* [2]*Д-р, техн. наук, академик,*
[3]*Д-р, техн. наук, ассоц. профессор*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-5084-6587* [2]*https://orcid.org/0000-0001-23456789*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-9766-9039*

[1,2,3]*Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности,*

г. Алматы, Казахстан

[1]*nauka@rpf.kz*

https://doi.org/10.55956/TSAG8846

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИПРАВ И СПЕЦИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены технологические инновации в производстве приправ и специй за период с 2015 по 2023 годы. Выявлены основные методы, такие как ультразвуковая экстракция и нано- и микроинкапсуляция, которые улучшают извлечение и сохранение биоактивных компонентов специй. Установлено, что развитие приправ с «чистой этикеткой» минимизирует использование искусственных добавок и консервантов. Определено, что современные технологии обработки, включая сушку и ферментацию, способствуют улучшению качества и вкуса продуктов. Исследовано применение специй как натуральных консервантов для увеличения срока хранения продуктов и обеспечения их безопасности. Выявлены тренды в производстве приправ и специй, включая экологичные технологии, чистую этикетку, безопасность и сохранение, инновационные производственные процессы и сохранение питательной ценности.

Ключевые слова: технологические инновации, производство приправ, ультразвуковая экстракция, микроинкапсуляция, чистая этикетка, безопасность продуктов, сохранение пищи, антиоксидантные свойства, противовоспалительные свойства.

Тлевлесова, Д.А. Инновационные технологии в производстве приправ и специй [Текст] / Д.А. Тлевлесова, Ж.К. Усембаева, Д.Р. Даутканова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.57-65. https://doi.org/10.55956/TSAG8846

Введение. Производство приправ и специй является важной частью пищевой промышленности, поскольку эти продукты не только улучшают вкус пищи, но и обладают значительными питательными и лечебными свойствами. В последние годы технологии производства приправ и специй претерпевают значительные изменения благодаря внедрению инновационных методов обработки. Однако, несмотря на значительный прогресс в этой области, остаются нерешенными вопросы, связанные с улучшением качества, сохранением питательной ценности и безопасностью пищевых продуктов.

Актуальность данной темы обусловлена растущим спросом на натуральные и высококачественные пищевые продукты, а также необходимостью минимизации использования искусственных добавок и консервантов. В условиях современного рынка потребители все чаще предпочитают продукты с «чистой этикеткой», что требует разработки новых технологических решений [1-3].

Текущее состояние отрасли. Казахстан активно развивает сектор производства приправ и специй благодаря значительным природным ресурсам и аграрному потенциалу. Однако большая часть специй и приправ все еще импортируется из стран Юго-Восточной Азии и Индии. Локальные производители, такие как «Royal Food», «Almaty Spices» и «Омега Специи», вносят значительный вклад в рынок, предлагая широкий ассортимент продукции [4,5].

В стране выращиваются традиционные специи, такие как укроп, кориандр, мята и базилик. Развитие отрасли во многом зависит от расширения сырьевой базы и улучшения качества местного сырья.

Инновации в местном производстве приправ и специй начинают набирать обороты, хотя и медленнее по сравнению с глобальными тенденциями. Внедрение современных технологий, таких как нанотехнологии и микроинкапсуляция, пока находится на начальной стадии.

Основные вызовы.

Конкуренция с импортом: импортные специи часто предлагают более низкие цены и высокое качество, что создает давление на местных производителей.

Стандартизация и качество: отсутствие строгих стандартов и контроля качества в некоторых сегментах рынка приводит к различиям в качестве продукции, что может снижать доверие потребителей.

Технологическое оборудование: недостаток современного оборудования и технологий ограничивает возможности повышения качества и расширения ассортимента продукции.

Перспективы развития.

Расширение сырьевой базы: инвестиции в агрокультурные проекты и поддержка местных фермеров могут способствовать развитию сырьевой базы и укреплению позиций местных производителей.

Фокус на экспортные возможности: развитие экспортных каналов и продвижение казахстанских специй на международные рынки могут стать драйвером роста для отрасли.

Инновации и исследования: увеличение инвестиций в исследования и разработки новых продуктов, а также применение инновационных технологий могут улучшить качество и конкурентоспособность продукции.

Новизна исследования. Новизна исследования заключается в систематическом обзоре новейших технологических инноваций в производстве приправ и специй, таких как ультразвуковая экстракция, нано- и микроинкапсуляция и современные методы обработки, включая сушку и ферментацию. Эти методы позволяют не только улучшить качество и вкусовые характеристики продуктов, но и сохранить их биоактивные компоненты, что имеет важное значение для здоровья потребителей. В таблице 1 представлены основные методы инновационного производства приправ и специй, рассмотренные в данной статье.

Таблица 1

Основные методы инновационного производства приправ и специй

Метод	Описание	Примеры используемых трав
Ультразвуковая экстракция	Улучшает извлечение и сохранение биоактивных компонентов	Куркума, имбирь, кориандр
Нано- и микроинкапсуляция	Повышает стабильность и срок хранения специй	Паприка, черный перец, тимьян
Чистая этикетка	Минимизация использования искусственных добавок и консервантов	Различные специи
Современные методы обработки	Улучшение качества и вкусовых характеристик продуктов	Различные специи

Таким образом, данное исследование направлено на обоснование актуальности и новизны применения инновационных технологий в производстве приправ и специй, что позволяет улучшить их качество, безопасность и питательную ценность.

Условия и методы исследований. Исследование проводилось на основе анализа современных научных публикаций и патентов, посвященных технологическим инновациям в производстве приправ и специй. Основными источниками информации служили научные базы данных ScienceDirect, PubMed, Google Scholar и другие. Были использованы статьи, опубликованные с 2015 по 2023 годы, которые касались различных аспектов инновационных методов обработки приправ и специй. Для систематического обзора использовалась методология PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Основные этапы включали идентификацию релевантных статей, скрининг, оценку соответствия и включение в обзор. Каждая статья оценивалась на соответствие критериям включения, а именно: обсуждение технологических инноваций, актуальность исследования и оригинальность методик.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование показало, что современные технологические инновации в производстве приправ и специй направлены на улучшение их качества, безопасности и питательной ценности. В таблице 2 приведены основные результаты исследования по технологическим инновациям и используемым травам.

Таблица 2

Основные методы инновационного производства приправ и специй

Автор	Название статьи	Результаты	Исполь-зуемые травы	ссылка
1	2	3	4	5
Rao M.V. и другие	Ультразвуковая экстракция – экологичная технология извлечения специй: обзор	Обзор ультразвуковой технологии извлечения специй как экологичной альтернативы традиционным методам	Куркума, имбирь, кориандр, тмин, черный перец	[1]
Espinosa-Ramírez J.	Приправы для снэков	Обзор приправ для снеков, включая их состав и влияние на вкус и текстуру продуктов	Паприка, чеснок, лук, петрушка	[2]

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Thomas A. и другие	Добавление вкусов: использование и отношение к соусам и приправам среди пожилых людей, проживающих в общинах Великобритании	Исследование использования и отношения к соусам и приправам среди пожилых людей в Великобритании	Орегано, базилик, розмарин	[3]
Prasath D. и другие	Технологии специй для максимальной нутрицевтической, экологической и социальной выгоды	Обзор технологий производства специй для максимальных нутрицевтических, экологических и социальных преимуществ	Кардамон, корица, мускатный орех	[6]
Garavand F. и другие	Соль, специи и приправы, сформулированные с нано/микроинкапсулированными ингредиентами	Обзор использования нанои микроинкапсуляции для улучшения свойств соли, специй и приправ	Соль, паприка, черный перец, тимьян	[7]
Patel A. и другие	Роль специй за пределами вкусового агента: антиоксидантные и лечебные свойства	Обзор антиоксидантных и лечебных свойств специй	Куркума, гвоздика, кардамон	[8]
Al-Dalali S., Li C., Xu B.	Оценка влияния маринада с различными рецептами приправ на вкусовой профиль жареной говядины методом химического и сенсорного анализа	Оценка влияния маринада с различными рецептами приправ на вкусовой профиль жареной говядины методом химического и сенсорного анализа	Чеснок, розмарин, тимьян, черный перец	[9]
Iskandar, Mustarichie	Параметры контроля качества экстракта листьев ганды (Allium odorum L.)	Анализ параметров контроля качества экстракта листьев Allium odorum: содержание эфирных масел, фитохимических соединений, молекулярный вес	Allium odorum	[10]
Tlevlessova D.	Allium odorum	Исследование биохимического состава листьев Allium odorum: выявлено высокое содержание фитонутриентов	Allium odorum	[11]
John, Lewis	Эндодупликационный мейоз у Allium odorum	Исследование эндодупликационной мейоза в Allium odorum	Allium odorum	[12]
Takahashi S., Yoshida Y., Tamura G.	Очищение и характеристика ферредоксин-сульфитредуктаз в Allium odorum	Очищение и характеристика ферредоксин-сульфитредуктаз в Allium odorum	Allium odorum	[13]

Исследование патентов в области производства приправ и специй выявило множество инновационных технологий и методов, направленных на улучшение качества и эффективности производимых продуктов. Информацию можно разделить на несколько направлений:

1. Композитные ароматические приправы.

Патент He Yu на метод производства новой комплексной ароматической приправы [14]. Применение различных форм специй, таких как гранулы, срезки, блоки и другие, улучшает органолептические свойства и удобство использования.

2. Ферментированные приправы.

Патент Shingo Ogawa на инновационную ферментированную приправу [15]. Ферментация позволяет улучшить текстуру и вкус продуктов, а также увеличить срок их хранения.

3. Фитопрепараты

Патенты Singh и Gupta на фитопрепараты для лечения кокцидиоза и улучшения пищеварения [16,17]. Использование экстрактов Allium odorum и других растений демонстрирует высокую эффективность в медицинских и нутрицевтических приложениях.

4. Композиции приправ для супов и мяса

Патенты Петрова и Иванова на композиции приправ для супов и мяса[18-22], сыров[23, 24]. Эти патенты включают использование различных сушеных овощей и трав для улучшения вкуса и аромата готовых блюд.

Результаты исследований показывают, что современные технологические инновации в производстве приправ и специй значительно улучшают их качество и биоактивность. Например, ультразвуковая экстракция позволяет эффективно извлекать активные компоненты, такие как куркумин из куркумы, сохраняя их антиоксидантные и противовоспалительные свойства. Использование нано- и микроинкапсуляции повышает стабильность и срок хранения специй, таких как паприка и черный перец, увеличивая их биоактивность. Технологии «чистой этикетки» способствуют минимизации использования искусственных добавок и консервантов, что отвечает современным требованиям рынка.

Во многих патентах акцент сделан на использовании натуральных ингредиентов, таких как Allium odorum, что отражает текущую тенденцию к экологически чистым и безопасным продуктам. Ферментация и создание композитных форм приправ являются ключевыми методами для улучшения текстуры, вкуса и срока хранения продуктов. Патенты на фитопрепараты демонстрируют потенциал использования приправ и специй не только для кулинарных целей, но и для улучшения здоровья и лечения различных заболеваний.

Ключевые инновационные технологии. Выявлены основные методы, такие как ультразвуковая экстракция и нано- и микроинкапсуляция, которые значительно улучшают извлечение и сохранение биоактивных компонентов специй. Эти методы позволяют улучшить органолептические свойства приправ, увеличить срок их хранения и обеспечить стабильность активных веществ.

Использование натуральных ингредиентов. Исследования показали, что развитие приправ с «чистой этикеткой» минимизирует использование искусственных добавок и консервантов. Натуральные компоненты, такие как Allium odorum, активно используются для повышения функциональных и

органолептических свойств приправ, что соответствует современным требованиям рынка.

Медицинские и нутрицевтические применения. Применение специй в качестве натуральных консервантов для увеличения срока хранения продуктов и обеспечения их безопасности было подробно исследовано. Также выявлены фитопрепараты, включающие экстракты Allium odorum и других растений, которые демонстрируют высокую эффективность в медицинских и нутрицевтических приложениях.

Систематизация патентов. Были собраны и проанализированы патенты, связанные с инновационными технологиями в производстве приправ и специй. Это позволило выявить новые тенденции и перспективные направления исследований, такие как использование ферментированных приправ, полимерных пленок с активными агентами и композитных ароматических приправ.

Заключение. Данный обзор проведен с целью анализа и систематизации современных технологических инноваций в сфере производства приправ и специй за период с 2015 по 2023 годы. Исследование направлено на выявление и оценку текущих тенденций и перспективных методов в условиях увеличивающегося спроса на высококачественные, экологически безопасные и натуральные продукты. Технологические инновации в производстве приправ и специй играют ключевую роль в улучшении их качества, безопасности и питательной ценности. Современные методы, такие как ультразвуковая экстракция и нано- и микроинкапсуляция, позволяют сохранять биоактивные компоненты специй и увеличивать срок их хранения. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут преодолеть существующие вызовы и обеспечить устойчивое развитие производства приправ и специй.

Исследование патентов показало, что технологические инновации в области производства приправ и специй направлены на улучшение качества, безопасности и эффективности продуктов. Современные методы включают использование натуральных ингредиентов, ферментацию, создание композитных форм и разработку медицинских фитопрепаратов. Эти технологии позволяют удовлетворить потребности потребителей в высококачественных и экологически чистых продуктах, а также расширить область применения приправ и специй за пределы кулинарии.

Список литературы

1. Rao M.V. et al. Ultrasonication-A green technology extraction technique for spices: A review //Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Vol. 116. – P. 975-991.
2. Espinosa-Ramírez J. Seasonings for Snack Foods //Snack Foods. – CRC Press. – 2022. – P. 179-200.
3. Thomas A. et al. Adding flavours: Use of and attitudes towards sauces and seasonings in a sample of community-dwelling UK older adults //Foods. – 2021. – Vol. 10. – No. 11. – P. 2828.
4. Производители приправ в Казахстане – список заводов и фабрик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://factories.kz/producers/proizvodstvo-priprav. Дата обращения: 21.07.2024.
5. Омега Специи. Производство приправ в Алматы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://factories.kz/producers/proizvodstvo-priprav/omega-spice. Дата обращения: 21.07.2024.
6. Prasath D. et al. Spices technologies for maximum nutraceutical, environmental and social benefits //Indian Horticulture. – Vol. 66. – No. 5.

7. Garavand F. et al. Salt, spices, and seasonings formulated with nano/microencapsulated ingredients //Application of Nano/Microencapsulated Ingredients in Food Products. – Academic Press. – 2021. – P. 435-467.
8. Patel A. et al. Role of spices beyond a flavouring agent: The antioxidant and medicinal properties //Research Anthology on Recent Advancements in Ethnopharmacology and Nutraceuticals. – IGI Global. – 2022. – P. 616-648.
9. Al-Dalali S., Li C., Xu B. Evaluation of the effect of marination in different seasoning recipes on the flavor profile of roasted beef meat via chemical and sensory analysis //Journal of Food Biochemistry. – 2022. – Vol. 46. – No. 6. – P. e13962.
10. Iskandar Y., Mustarichie R. Parameters of quality control of ganda (Allium odorum L.) leaf extract //Drug Invention Today. – 2019. – Vol. 11. – No. 7.
11. Tlevlessova D., Alimardanova M., Kazhymurat A. Biochemical composition of vegetable raw materials and the impact of dosage on the properties of processed cheese //ScienceRise. – 2021. – No. 2. – P. 40-46.
12. J Brat S. Genetic systems in Allium //Heredity. – 1965. – Vol. 20. – P. 325-339.
13. Takahashi S., Yoshida Y., Tamura G. Purification and characterization of ferredoxin-sulfite reductases from leek (Allium tuberosum) leaves //J. Plant Res. – 1996. – Vol. 109. – P. 45-52.
14. Li Shoutang. Method for preparing rice hull powder // Patent CN2588795Y, 2003.
15. He Yu. Method for preparing a new complex aromatic seasoning // Patent CN101313741B, 2013.
16. Shingo Ogawa. Innovative Fermented Seasoning for Improving the Texture of Chilled or Frozen Foods // Patent TWI753593B, 2022.
17. Петров Д. Способ получения приправы для мяса [Текст] / Д. Петров // Патент RU2743134C1, 2021.
18. Иванов И. Композиция приправ для супов [Текст] / И. Иванов // Патент RU2739652C1, 2020.
19. Зубковская О.Л. Способ производства плодового или ягодного дистиллята [Текст] / О.Л. Зубковская // Патент BY15443C1, 2015.
20. Кузнецов О. Способ производства кисломолочного продукта с добавлением трав [Текст] / О. Кузнецов // Патент RU2689654C1, 2019.
21. Singh R.P., Pathak V.S., Gupta S.K. Herbal preparation for the treatment of coccidiosis // Patent WO2012131731A1, 2012.
22. Pathak V.S., Gupta S.K. Method for obtaining a complex herbal preparation for improving digestion // Patent WO2012131731A1, 2013.
23. Алимарданова, М.К. Композиция для плавленного сыра [Текст] / М.К. Алимарданова, Д.А. Тлевлесова // Патент РК KZ12345. №2021-01-15; заявл. 2021-01-15; опубл. 2022-07-21.
24. Алимарданова, М.К. Способ производства сыра [Текст] / М.К. Алимарданова, Д.А. Тлевлесова // Патент РК KZ67890. №2021-02-20; заявл. 2021-02-20; опубл. 2022-08-10.

Материал поступил в редакцию 21.07.24.

Д.А. Тлевлесова[1], Ж.К. Усембаева[1], Д.Р. Даутканова[1]

[1]Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан

ДӘМДЕУІШТЕР МЕН ТҰЗДЫҚТАР ӨНДІРУДЕГІ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Аңдатпа. Мақалада 2015-2023 жылдар аралығындағы дәмдеуіштер мен тұздықтар өндірісіндегі технологиялық инновациялар қарастырылған. Дәмдеуіштердің биоактивті компоненттерін алу және сақтау үдерісін жақсартатын

ультрадыбыстық экстракция және нано-микроинкапсуляция сияқты негізгі әдістер анықталды. «Таза белгі» дәмдеуіштерін әзірлеу жасанды қоспалар мен консерванттарды пайдалануды азайтатыны анықталды. Кептіру және ферментация сияқты заманауи өңдеу технологиялары өнімдердің сапасы мен дәмін жақсартуға ықпал ететіні анықталды. Дәмдеуіштерді өнімдердің сақтау мерзімін ұзарту және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін табиғи консервант ретінде қолдану зерттелді. Дәмдеуіштер мен тұздықтар өндірісіндегі экологиялық таза технологиялар, таза белгі, қауіпсіздік және сақтау, инновациялық өндірістік процестер және тағамдық құндылықты сақтау сияқты трендтер анықталды.

Тірек сөздер: технологиялық инновациялар, дәмдеуіштер өндірісі, ультрадыбыстық экстракция, микроинкапсуляция, таза белгі, өнімдердің қауіпсіздігі, тағамды сақтау, антиоксиданттық қасиеттер, қабынуға қарсы қасиеттер.

D.A. Tlevlessova[1], Zh.K. Usembayeva[1], D.R. Dautkanova[1]

[1]Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF SEASONINGS AND SPICES

Abstract. The article reviews technological innovations in the production of seasonings and spices from 2015 to 2023. Key methods such as ultrasonic extraction and nano and microencapsulation, which improve the extraction and preservation of bioactive components of spices, have been identified. It has been established that the development of “clean label” seasonings minimizes the use of artificial additives and preservatives. Modern processing technologies, including drying and fermentation, have been found to improve the quality and taste of products. The use of spices as natural preservatives to extend the shelf life of products and ensure their safety has been studied. Trends in the production of seasonings and spices have been identified, including environmentally friendly technologies, clean labeling, safety and preservation, innovative production processes, and the retention of nutritional value

Keywords: technological innovations, production of seasonings, ultrasonic extraction, microencapsulation, clean label, product safety, food preservation, antioxidant properties, anti-inflammatory properties.

References

1. Rao M.V. et al. Ultrasonication-A green technology extraction technique for spices: A review //Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Vol. 116. – P. 975-991.
2. Espinosa-Ramírez J. Seasonings for Snack Foods //Snack Foods. – CRC Press. – 2022. – P. 179-200.
3. Thomas A. et al. Adding flavours: Use of and attitudes towards sauces and seasonings in a sample of community-dwelling UK older adults //Foods. – 2021. – Vol. 10. – No. 11. – P. 2828.
4. Seasoning manufacturers in Kazakhstan - list of plants and factories [Electronic resource]. - Access mode: https://factories.kz/producers/proizvodstvo-priprav. Date of access: 21.07.2024. [in Russian].
5. Omega Spices. Seasoning production in Almaty [Electronic resource]. - Access mode: https://factories.kz/producers/proizvodstvo-priprav/omega-spice. Date of access: 21.07.2024. [in Russian].
6. Prasath D. et al. Spices technologies for maximum nutraceutical, environmental and social benefits //Indian Horticulture. – Vol. 66. – No. 5.
7. Garavand F. et al. Salt, spices, and seasonings formulated with nano/microencapsulated ingredients //Application of Nano/Microencapsulated Ingredients in Food Products. – Academic Press. – 2021. – P. 435-467.

8. Patel A. et al. Role of spices beyond a flavouring agent: The antioxidant and medicinal properties //Research Anthology on Recent Advancements in Ethnopharmacology and Nutraceuticals. – IGI Global. – 2022. – P. 616-648.
9. Al-Dalali S., Li C., Xu B. Evaluation of the effect of marination in different seasoning recipes on the flavor profile of roasted beef meat via chemical and sensory analysis //Journal of Food Biochemistry. – 2022. – Vol. 46. – No. 6. – P. e13962.
10. Iskandar Y., Mustarichie R. Parameters of quality control of ganda (Allium odorum L.) leaf extract //Drug Invention Today. – 2019. – Vol. 11. – No. 7.
11. Tlevlessova D., Alimardanova M., Kazhymurat A. Biochemical composition of vegetable raw materials and the impact of dosage on the properties of processed cheese //ScienceRise. – 2021. – No. 2. – P. 40-46.
12. J Brat S. Genetic systems in Allium //Heredity. – 1965. – Vol. 20. – P. 325-339.
13. Takahashi S., Yoshida Y., Tamura G. Purification and characterization of ferredoxin-sulfite reductases from leek (Allium tuberosum) leaves //J. Plant Res. – 1996. – Vol. 109. – P. 45-52.
14. Li Shoutang. Method for preparing rice hull powder // Patent CN2588795Y, 2003.
15. He Yu. Method for preparing a new complex aromatic seasoning // Patent CN101313741B, 2013.
16. Shingo Ogawa. Innovative Fermented Seasoning for Improving the Texture of Chilled or Frozen Foods // Patent TWI753593B, 2022.
17. Petrov D. Sposob polucheniya pripravy dlya myasa [Method for Obtaining Seasoning for Meat] // Patent RU2743134C1, 2021. [in Russian].
18. Ivanov I. Kompozitsiya priprav dlya supov [Composition of Seasonings for Soups] // Patent RU2739652C1, 2020. [in Russian].
19. Zubkovskaya O.L. Sposob proizvodstva plodovogo ili yagodnogo distillyata [Method for Producing Fruit or Berry Distillate] // Patent BY15443C1, 2015. [in Russian].
20. Kuznetsov O. Sposob proizvodstva kislomolochnogo produkta s dobavleniyem trav [Method for producing a fermented milk product with the addition of herbs] // Patent RU2689654C1, 2019. [in Russian].
21. Singh R.P., Pathak V.S., Gupta S.K. Herbal preparation for the treatment of coccidiosis // Patent WO2012131731A1, 2012.
22. Pathak V.S., Gupta S.K. Method for obtaining a complex herbal preparation for improving digestion // Patent WO2012131731A1, 2013.
23. Alimardanova, M.K., Tlevlesova, D.A. Kompozitsiya dlya plavlennogo syra [Composition for processed cheese] // Patent Republic of Kazakhstan KZ12345. №2021-01-15; announced. 2021-01-15; published. 2022-07-21. [in Russian].
24. Alimardanova, M.K., Tlevlesova, D.A. Sposob proizvodstva syra [Cheese production method] // Patent Republic of Kazakhstan KZ67890. №2021-02-20; announced. 2021-02-20; published. 2022-08-10. [in Russian].

ҒТАМР 65.65.33

Б.Е. Шарбекова[1] – *негізгі автор*,
С. Әлтайұлы[2] ©

[1]*Магистрант,* [2]*Техн. ғылым. д-ры*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0005-2226-1660* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4946-6824*

[1,2]*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,*

Астана қ., Қазақстан

@ [1]*balnur19@icloud.com*

https://doi.org/10.55956/ZPNY2141

МАЙЛЫ ДАҚЫЛДАРДЫҢ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ЯДРОСЫНАН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ТАҒАМДЫҚ ПАСТА ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу процесі және рецептурасы сипатталып, математикалық моделі құрылған. Негізгі шикізат ретінде мақсары, зығыр, күнбағыс, соя тұқымдары, сондай-ақ жержаңғақ таңдалды. Осыған байланысты таңдалған тұқымдардың химиялық құрамы қарастырылды, бұл тұқымдардың дәрумендерге, макро және микро элементтерге бай екендігін көрсетті. Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу кезінде пастаның қажетті консистенциясына қол жеткізу үшін қосымша шикізат ретінде су таңдалды. Зерттеу барысында дайын өнімге органолептикалық талдау жүргізілді. Нәтижесінде тағамдық құндылығы жоғары және жаңа функционалдығы бар өнім пайда болды.

Тірек сөздер: майлы дақылдар тұқымдары, микроэлементтер, математикалық модель.

Шарбекова, Б.Е. Майлы дақылдардың тұқымдарының ядросынан композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу [Мәтін] / Б.Е. Шарбекова, С. Әлтайұлы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.66-75. https://doi.org/10.55956/ZPNY2141

Кіріспе. Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу үшін тағамдық құндылықтарының дәрежесі бойынша келесі майлы дақылдар таңдалды: жержаңғақ, соя, зығыр, күнбағыс және мақсары. Соя, күнбағыс, зығыр және мақсары сияқты майлы дақылдардың дәндері ақуыздың, майлардың және басқа да қоректік заттардың құнды көзі болып табылады. Оларды тамақ өнеркәсібінде қолдану, әсіресе композициялық тағамдарды әзірлеу контекстінде өзекті бола түсуде. Осы тұқымдардың ядроларынан композициялық тағамдық паста технологияларын әзірлеу қазіргі ғылыми-техникалық қызметтің маңызды бағытын білдіреді. Пайдалы дәрумендер мен микро және макронутриенттерден және басқа да қоректік заттардан тазартылмаған тамақ өнімдерін өндіруде табиғи органикалық өнім ретінде пайдалану мақсатында тағамдық паста өндіру перспективалы болып табылады [1,12].

Майлы дақылдардың дәндерін пайдаланудың артықшылықтары. Біріншіден, қоректік заттардың байлығы: тұқым ядроларында ақуыздың, майлардың, дәрумендердің, минералдардың және басқа да пайдалы заттардың көп мөлшері бар, бұл оларды құнды тағамға айналдырады. Екіншіден, функционалдылық: тұқым ядроларының ақуыз негізі оларды тамақ өнімдерінде құрылымдық компонент ретінде пайдалануға мүмкіндік беретін функционалдық қасиеттерге ие. Үшіншіден, диеталық қасиеттері: майлы дақылдардың дәндерін тамақ өнімдерінде қолдану дәстүрлі тағамдарға диеталық және пайдалы балама жасауға ықпал етеді.

Майлы дәнді дақылдардың дәндерінен алынған композициялық тағамдық паста – бұл ақуыз бен пайдалы микроэлементтерге бай өнім. Оны тамақтанудың негізгі көзі ретінде немесе әртүрлі тағамдарға қосымша ретінде пайдалануға болады. Соңғы өнім антиоксидант ретінде пайдалы тағам ретінде ұсынылады [2].

Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен тағамдық пасталарды өндірудің қолданыстағы әдістерінің кемшіліктері бар, соның ішінде өңдеу кезінде тиімділіктің төмендігі және пайдалы қасиеттердің жоғалуы. Сондықтан мұндай пастаны өндірудің инновациялық әдісін әзірлеу өзекті міндетке айналды.

Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық пастаны инновациялық өндірудің бір әдісі биотехнологияны қолдануға негізделген. Процестің басында майлы дақылдардың тұқымдары арнайы өңдеуден өтеді, бұл олардың ақуыздық құрамын арттыруға көмектеседі. Содан кейін олар паста күйіне дейін ұнтақталады және ферменттеу процесіне ұшырайды.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі: майлы дақылдардың дәндерінен композициялық тағамдық паста технологиясын зерттеу және дамыту үлкен мәнге және практикалық маңызға ие. Міне, бірнеше себептер. Функционалды тағамға деген сұраныстың артуы: бүгінгі күні тұтынушылар денсаулығына көбірек көңіл бөледі және олардың физикалық және психикалық жағдайын сақтауға және жақсартуға ықпал ететін тағамдарды тұтынғысы келеді. Майлы дәнді дақылдардың дәндерінен жасалған композициялық тағамдық пастаны тұтынушылардың қажеттіліктері мен қалауларын ескере отырып әзірлеуге және оларға қоректік заттардың бай көзін ұсынуға болады. Өсімдік тағамдарының ассортиментін кеңейту: майлы дақылдар тұқымынан жасалған құрама тағамдық паста ет пен ақуыздың басқа көздеріне балама ретінде жаңа және пайдалы нұсқаны ұсына алады, бұл өсімдік тағамдарының әртүрлілігін арттыруға және вегетариандардың қажеттіліктерін қанағаттандыруға көмектеседі.

Негізгі мақсат – майлы дақылдардың дәндерінен, тағамдық құрамы құнарлы композициялық тағамдық паста алу технологиясын әзірлеу.

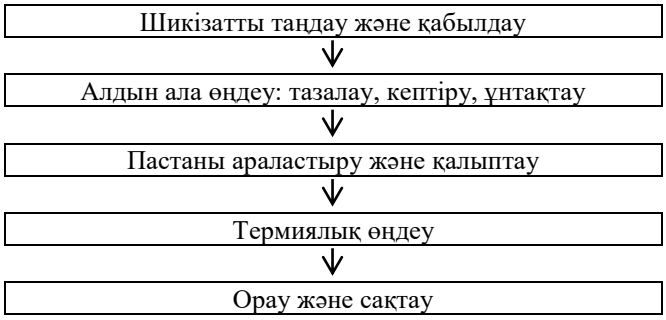
Зерттеу шарттары мен әдістері. Тамақ өнеркәсібіндегі негізгі бағыттардың бірі – ең жоғары тағамдық құндылығы бар жаңа және инновациялық тамақ өнімдерінің технологиясын әзірлеу. Осы себепті, бұл зерттеу жұмысы майлы дәнді дақылдардың дәндерінен композициялық тағамдық паста технологиясын әзірлеу үшін жүргізілді. Сондай-ақ, өндіріс кезінде паста Мемлекеттік стандарттардың талаптарына сәйкес келуі керек екенін ескеру қажет.

Пастаның рецептуралық компоненттері ретінде: ГОСТ 12096-76 бойынша мақсары тұқымы, ГОСТ 10582-76 бойынша зығыр тұқымы, ГОСТ 17109-88 бойынша соя тұқымы, ГОСТ 22391-89 бойынша күнбағыс тұқымы,

ГОСТ 17111-88 бойынша жержаңғақ, ГОСТ Р 54316 бойынша минералды су алынды [5].

Паста келесідей дайындалды: тұқымдар 15-22°С температурада 6-10 сағат бойы суда ұсталды. Судың температурасы 50-70°С-ге тең. Содан кейін акустикалық өрістің қарқындылығы 100-500 Вт/кг болатын механоакустикалық гомогенизаторға енгізілді. Өңдеу бір мезгілде ұнтақтау, араластыру, гомогенизация және пастерлеу арқылы жүзеге асырылды. Пастерлеу 3-5 минут ұстай отырып, 92-98°С температурада жүзеге асырылды. Сонымен қатар, концентратқа ылғал қосылды (бұл су, өсімдік майы, бал болуы мүмкін), жалпы мөлшері 10-15% құрайды [3,11].

Зерттеу барысында майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық пастаның жалпы схемасы құрылды, дайын тағамдық пастаның оргоналептикалық көрсеткіштерін анықтау үшін органолептикалық талдау жүргізілді. 1-суретте практикалық зерттеудің жалпы схемасы көрсетілген.



Сурет 1. Майлы дақылдардың ядросының дәндерінен композициялық тағамдық паста өндірудін технологиялық сұлбасы

1-суретте көрсетілгендей, алдымен сапа мен тағамдық құндылықтар үшін бізге сәйкес шикізатты таңдау керек. Яғни, пастаның ең жақсы тағамдық қасиеттері мен дәмдік сипаттамаларын алу үшін әртүрлі майлы дақылдардың ядроларының оңтайлы арақатынасын анықтау.

Майлы дақылдардың тұқымдары партиялармен қабылданады. Партия деп сапа туралы бір құжатпен рәсімделген, бір мезгілде қабылдауға, тиеп-жөнелтуге немесе бір мезгілде сақтауға арналған, сапасы жағынан біртекті бір майлы дақылдың кез келген тұқымының саны түсініледі. Дайындалған тұқымдардың сапасын анықтау және жеткізілетін тұқымдардың олардың нормативтік-техникалық құжаттама талаптарына сәйкестігін тексеру үшін әрбір партиядан ірі тұқымды дақылдар үшін (жержаңғақ, кастор бұршағы, күнбағыс, соя) салмағы кемінде 2,0 кг немесе біріктірілген сынамадан бөлінген ұсақ тұқымды дақылдар үшін кемінде 1,0 кг орташа сынама алынады [4].

Тұқымдар біркелкі құрылымды құру және қоректік заттарды алуды жақсарту үшін тазалау, кептіру және ұсақтау сияқты алдын ала өңдеулерден өтеді. Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және оңтайлы құрылым мен дәм болуы үшін пастаны термиялық өңдеуден өткізеді.

Композициялық тағамдық паста өндірісінде ингредиенттер негізгі, қосымша және көмекші болып бөлінеді. Негізгі ингредиенттерге майлы дақылдардың өздері кіреді, біздің жағдайда олар соя, зығыр, күнбағыс,

жержаңғақ және мақсары. Қосымша ингредиенттерге су, яғни паста түзуге арналған ылғал жатады. Ароматизаторлар, қант және тұз көмекші ингредиенттер болып табылады.

Композициялық тағамдық паста өндірісінде алдымен дайындалған шикізат рецептура бойынша өлшенеді. Содан кейін өлшенген шикізат белгілі бір технологиялық операцияларға ұшырайды, содан кейін ингредиенттер араласып, паста түзіледі. Процесстің соңында паста өнімнің қауіпсіздігі үшін және оңтайлы құрылымға қол жеткізу үшін термиялық өңдеуден өтеді [8].

Өнімді буып-түю өнімнің үлкен партиясын белгіленген салмақтағы өнімнің жеке бөліктеріне бөлуге арналған жабдықта жүзеге асырылады. Тағамдық паста балғындықты сақтау және майлардың тотығуын болдырмау үшін ауа өткізбейтін контейнерлерге оралады. Дайын пастаны салқын және құрғақ жерде 10-20°С температурада сақтау керек, өйткені ылғалдылығы жоғары жерлерде сақтау көгеруге әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, қоректік заттардың жоғалуын және дәмнің өзгеруін болдырмау үшін пастаны тікелей күн сәулесінен қорғалған жерде сақтау керек.

Дайын композициялық тағамдық пастаның сапасын бағалау өнімді сыртқы тексеруден басталады. Қаптама герметикалық болуы керек, ешқандай зақым болмауы тиіс. Содан кейін дайын өнім өнімнің мөлшерін білу үшін есептеу және өлшеу процесстері жүзеге асырылады. Дайын тағам паста сыртқы түрі, дәмі, иісі және консистенциясы бойынша бағаланады. Қаптамадағы өнім қаптамада көрсетілген атауға сәйкес келуі керек.

Паста үлгілерінде органолептикалық көрсеткіштер мен құрылымы сыналды. Күрделі органолептикалық көрсеткіш Харрингтон-Мехердің қалау функциясын қолдана отырып анықталды [6], бұл параметрлердің нақты мәндерін 0-ден 1-ге дейінгі шекаралары бар бір өлшемсіз сандық шкалаға айналдырып есептеудің математикалық әдісі болып табылады [6,7]. Бұл шкала бес ішкі диапазонға бөлінеді: 0-ден 0,20-ға дейін – өте нашар; 0,20-дан 0,37-ге дейін – нашар; 0,37-ден 0,63-ке дейін – қанағаттанарлық; 0,63-тен 0,80-ге дейін – жақсы; 0,80-ден 1,00-ге дейін – өте жақсы.

Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық пастаның рецептурасын оңтайландыру үшін рецепт компоненттерінің әр түрлі қатынасы бар пасталардың прототиптері дайындалды. 1-кестеде модельдік үлгілердегі рецептуралық компоненттерінің массалық үлесі келтірілген.

Кесте 1

Композициялық тағамдық пастаның модельдік үлгілеріндегі рецептура компоненттерінің арақатынасы

Үлгі	Массалық үлес, %					
	мақсары	жержаңғақ	соя	су	зығыр	күнбағыс
1	36	33	12	5	0	14
2	25	27	9	15	4	20
3	45	20	6	10	9	10
4	33	13	3	5	14	32
5	42	23	5	0	12	18
6	38	22	15	4	9	12
7	46	18	10	9	6	11
8	40	10	5	14	3	28
9	54	13	3	14	5	11
10	50	18	5	7	10	10

Осылайша, «фактор-аргумент» математикалық моделі мыналарды қамтиды:

x_1 – мақсарының массалық үлесі;

x_2 – жержаңғақтың массалық үлесі;

x_3 – сояның массалық үлесі;

x_4 – минералды судың массалық үлесі;

x_5 – зығырдың массалық үлесі;

x_6 – күнбағыстың массалық үлесі.

Композициялық тағамдық пастаның сапасын сипаттайтын көрсеткіштер кешеніне күрделі органолептикалық көрсеткіш (y_1) және құрылым (y_2) кіреді. Оңтайландыру мәселесінің жалпы тұжырымы келесідей:

$$y_1 \to max, X = ?, y_2 \to max, X = ? \quad (1)$$

2-кестеде композициялық тамақ пастасының модельдік үлгілерінің күрделі органолептикалық көрсеткіші мен құрылымын анықтау нәтижелері келтірілген.

Кесте 2

Кешенді органолептикалық көрсеткішті бағалау

Үлгі	Сапалық көрсеткіш	
	Органолептикалық көрсеткіш, бірлік	Текстура, шартты бірлік
1	0,4	140,0
2	0,8	155,0
3	1,0	160,0
4	0,6	157,0
5	0,5	151,0
6	0,7	138,0
7	0,9	159,0
8	0,2	125,0
9	0,1	113,0
10	0,3	119,0

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Формуланы оңтайландырудың бірінші кезеңінде $y_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ және $y_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ тәуелділігі үшін регрессиялық модельдің бағасын табу керек. Statistics мәзірінде корреляциялық матрицаны құру үшін Basic Statistic Tables – Correlation Matrices – One variables list пәрменін таңдап, элементтері айнымалылар арасындағы корреляция коэффициенттері болып табылатын квадрат корреляциялық матрицаны құрдық [6].

Модельді құру кезінде факторлар арасындағы мультиколлинеарлықтың болмауы маңызды. Бұл есепте x_1, x_2 және x_3 айнымалыларында мультиколлинеарлық байқалады.

Іс жүзінде рецепт компоненттерінің массалық үлесінен пастаның аз мөлшерін қажет ететін функциялардың қарапайым түрлеріне артықшылық беріледі. Әрі қарай, осы үш модель статистикалық көрсеткіштер бойынша салыстырылды. y_1 айнымалысы күрделі органолептикалық көрсеткішке жауап береді. Оның мәндері әрқашан 0-ден 1-ге дейін болады, сондықтан оның спецификациясының негізінде осы аралықтағы мәндер аймағы бар функциялар жатыр. Мысалы, $y = 1 - e^x$ функциялары. Ең жақсы көрсеткіштер келесі модельге ие:

$$y_1 = 1 - e^{(0.035x_1 - 0.159x_3 - 0.09x_4 - 0.16x_5)} \quad (2)$$

$$y_2 = -1574 + 58.55x_1 + 33.41x_4 - 2.21x_4x_5 - 0.54x_1^2 - 0.84x_4^2 + 1.15x_5^2 \quad (3)$$

Композициялық тағамдық пастаның модельдік үлгілеріндегі рецептура компоненттерінің арақатынасы 1 – кестеде көрсетілген 3 және 7 нөмірлі ең оңтайлы көрсеткіштер бойынша үлгілер алынды. Осылайша, майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық пастаның екі рецепті ең жақсы көрсеткіштермен сипатталды (3-кесте).

Кесте 3

Майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен композициялық тағамдық паста рецептурасын оңтайландыру нәтижелері

№	Массалық үлес,%						Анықталатын көрсеткіштер	
	мақсары	жержаңғақ	соя	су	зығыр	күнбағыс	Органолептикалық көрсеткіш	текстура
3	45	20	6	10	9	10	1,0	160,0
7	46	18	10	9	6	11	0,9	159,0

Жоғарыда айтқанымыздай, композициялық тағамдық паста үшін келесілер таңдалды: зығыр тұқымы, күнбағыс, соя, мақсары және жержаңғақ.

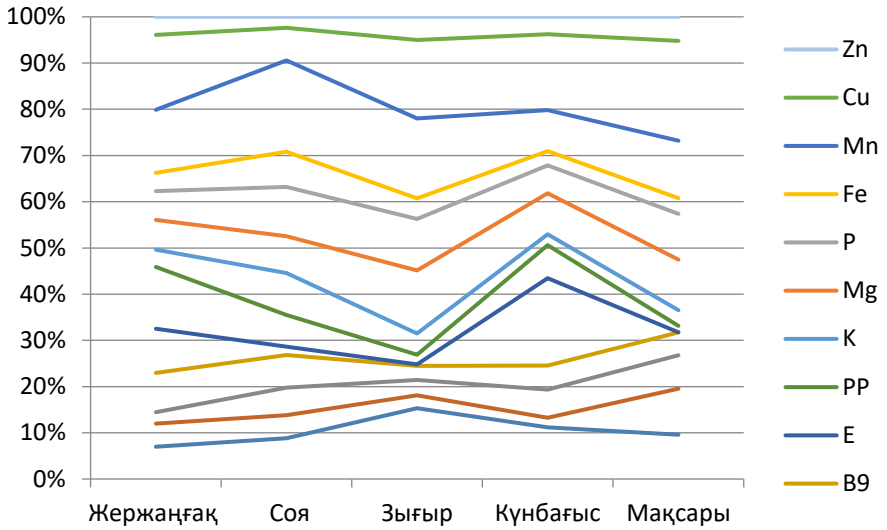
Жержаңғақ дәрумендер мен минералдарға бай: В1 дәрумені – 49,3%, В5 дәрумені – 35,3%, В6 дәрумені – 17,4%, В9 дәрумені – 60%, Е дәрумені – 67,3%, Н дәрумені – 35%, РР дәрумені – 94,5%, калий – 26,3%, кремний – 266,7%, магний – 45,5%, фосфор – 43,8%, темір – 27,8%, кобальт – 67,5%, марганец – 96,7%, мыс – 114,4%, молибден – 16,6%, селен – 13,1%, хром – 19,4%, мырыш – 27,3%.

Соя, астық дәрумендер мен минералдарға бай: В1 дәрумені – 62,7%, В2 дәрумені – 12,2%, холин – 54%, В5 дәрумені – 35%, В6 дәрумені – 42,5%, В9 дәрумені – 50%, Е дәрумені – 12,7%, Н дәрумені – 120%, РР дәрумені – 48,5%, калий – 64,3%, кальций – 34,8%, кремний – 590%, магний – 56,5%, фосфор – 75,4%, темір – 53,9%, кобальт – 312%, марганец–140%, мыс–50%, молибден–141,4%, хром–32%, мырыш – 16,8%.

Зығыр тұқымында ақуыз, көмірсулар, шырыш (12% дейін), Органикалық қышқылдар, стеролдар, линоцинамарин бар. Майлы майдың құрамына линолен (35-45%), линол (25-35%), олеин (15-20%), пальмитин және стеарин қышқылдарының глицеридтері кіреді.

Күнбағыс, тұқымдар дәрумендер мен минералдарға бай: В1 дәрумені – 122,7%, холин – 11%, В5 дәрумені – 22,6%, В6 дәрумені – 67,3%, В9 дәрумені – 56,8%, Е дәрумені – 208%, Н дәрумені – 15,6%, РР дәрумені – 78,5%, калий – 25,9%, кальций – 36,7%, кремний – 26,7%, магний – 79,3%, фосфор – 66,3%, темір – 3,9%, кобальт – 53%, марганец – 97,5%, мыс – 180%, молибден – 27,9%, селен – 96,4%, мырыш – 41,7%.

Мақсары тұқымы дәрумендер мен минералдарға бай: В1 дәрумені – 77,5%, В2 дәрумені – 23,1%, В5 дәрумені – 80,6%, В6 дәрумені – 58,5%, В9 дәрумені – 40%, РР дәрумені – 11,4%, калий – 27,5%, магний – 88,3%, фосфор – 80,5%, темір – 27,2%, марганец – 100,7%, мыс – 174,7%, мырыш – 42,1% [9,10]. Майлы дақылдар тұқымдарының дәндеріндегі дәрумендер мен минералдардың мөлшері 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2. Майлы дақылдар тұқымдарының дәндеріндегі дәрумендер мен минералдардың мөлшері

Сонымен, B1 дәруменінің құрамы бойынша күнбағыс 122,7% пайыздық көрсеткішпен көш бастап тұр, B5 мақсары құрамында 80,6%, B6 күнбағыс тұқымында 67,3%, Жержаңғақта B9 60%, күнбағыс тұқымында E дәрумені 208%, жержаңғақта PP 94,5%, соядағы калий 64,3%, магний зығыр тұқымдарында 98% пайыз, мақсары фосфоры 80,5%, темір сояда ең көп кездеседі 53,9%, соядағы марганец 140%, күнбағыс тұқымындағы мыс 180%, мырыш аз айырмашылықпен мақсары дәндерінде көбірек кездеседі.

4-кестеде соя, зығыр, күнбағыс, жержаңғақ және мақсары сияқты майлы дақылдардың дәндерінен алынған композициялық тағамдық пастаның органолептикалық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 4

Соя, зығыр, күнбағыс, жержаңғақ және мақсары сияқты майлы дақылдардың дәндерінің ядросынан алынған композициялық тағамдық пастаның органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Дайын өнім
Сыртқы түрі	Ашық қоңыр, кремді түс
Иісі мен дәмі	Бөтен иістер мен дәмдерсіз, ерекше жағымды иісі бар, жержаңғақ пен сояның дәмі айқын сезіледі
Текстура	Біртекті

Органолептикалық талдау кезінде әзірленген тағамдық паста талаптарға сай екендігі анықталды. Органолептикалық талдау көрсеткіштері бойынша композициялық тағамдық пастаның жоғары органолептикалық және функционалды-технологиялық қасиеттері бар деп сенімді түрде айтуға болады.

Қорытынды. Пайдалы дәрумендер мен микро және макронутриенттерден және басқа қоректік заттардан тазартылмаған тамақ өнімдерін өндіруде табиғи органикалық өнім ретінде пайдалану мақсатында тағамдық паста өндірісі перспективалы деген қорытынды жасауға болады.

Зерттеу барысында майлы дақылдар тұқымдарының дәндерінен тамақ пастасын дайындаудың технологиялық сұлбасы мен рецептурасы жасалды, сонымен қатар математикалық моделі құрылды. Органолептикалық талдау пастаның жоғары функционалдық қасиеттер мен сипаттамаларға ие екенін көрсетті. Таңдалған майлы дақылдардың дәндері сәтті таңдалды, өйткені паста талаптарға сай және дәрумендерге, микро және макроэлементтерге бай. Пастаны дайын өнім ретінде де, тамақ өнеркәсібінің әртүрлі салаларында, мысалы, кондитерлік өнімдерде тағамдық қоспа ретінде де қолдануға болады. Осылайша, жұмыстың мақсаты мен міндетіне қол жеткізілгеніне көз жеткізуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Алтайулы, С. Технология для производства водно-масляных пищевых эмульсий из семян сафлора. Межвидовые различия химического состава растительных лецитинов и их функциональных свойств [Текст] / С. Алтайулы //Материалы 18-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Университет при МПА ЕврАзЭС, 2023. – С.14-21.
2. Lingyan Zhang, Jia Chen, Jiaxin Zhang, Altayuly Sagymbek, Qi Li, Yuan Gao, Shuangkui Du, Xiuzhu Yu. Lipid oxidation in fragrant rapeseed oil: Impact of seed roasting on the generation of key volatile compounds //Food Chemistry: X 16. – 2022. – P. 100491.
3. Алтайулы, С. Получение пищевых лецитинов из сафлоровых масел [Текст] / С. Алтайулы, И.Ж. Темирова //Механика и Технологии. – 2018. – № 1(59). – С. 65-67.
4. Мотовилов, К.Я. Способ получения пастообразного концентрата из семян амаранта [Текст] / К.Я. Мотовилов, О.К. Мотовилов, А.И. Морозов, О.С. Грушина //Патент на полезную модель RU2453127C1.
5. ГОСТ 10852-86 Семена масличные. Правила приемки и методы отбора проб [Текст]. – Введ. 01.07.87. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 46 с.
6. Харрингтон, Е.С. Функция желательности и ее применение [Текст] / Е.С. Харрингтон //Промышленный контроль качества. – 1965. – № 21(10). – С. 494-498.
7. Конева, М.С. Многокритериальная оптимизация баланса состава и органолептических характеристик специализированного питания антианемической направленности [Текст] / М.С. Конева [и др.] //Известия вузов. Пищевая технология. – 2016. – № 1. – С. 110-113.
8. Shamkova N.T., Usatikov S.V., Dobrovolskaya A.V. et al. A comprehensive approach to design molded culinary products using cottage cheese for school meals //Brazilian Journal of Food Technology. – 2021. – Vol. 24. – P. 202021.
9. Муратова, Е.И. Проектирование рецептур кондитерских изделий [Текст]: метод.указ. / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПОТГТУ, 2010. – 32 с.
10. Калорийность Сафлоровое семя, сушеное. Химический состав и пищевая ценность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/17403.php. Дата обращения: 25.04.2024.
11. Әлтайұлы, С. Способ производства водно-масляной белковой эмульсий из семян сафлора [Текст] / С. Әлтайұлы, Н.К. Акишев, Т.С. Алтаев //Патент на полезную модель №8935 МПК A23J 1/14. 2024. Бюл. №11.
12. Nutraceutical and Pharmaceutical Behavior of Bioactive Compounds of Miracle Oilseeds: An Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9265468/. Дата обращения: 08.05.2024

Материал редакцияға 21.08.24 түсті.

Б.Е. Шарбекова[1], С. Алтайулы[1]

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИТНОЙ ПИЩЕВОЙ ПАСТЫ ИЗ ЯДЕР СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В данной статье описан процесс и рецептура разработки технологии композитной пищевой пасты из зерен семян масличных культур, построена математическая модель. В качестве основного сырья были выбраны сафлор, лен, подсолнечник, семена сои, а также арахис. В связи с этим был рассмотрен химический состав отобранных семян, что свидетельствует о том, что семена богаты витаминами, макро- и микроэлементами. При разработке технологии композитной пищевой пасты из семян масличных культур в качестве дополнительного сырья была выбрана вода для достижения желаемой консистенции пасты. В ходе исследования был проведен органолептический анализ готовой продукции. В результате получился продукт с высокой питательной ценностью и новой функциональностью.

Ключевые слова: семена масличных культур, микроэлементы, математическая модель.

B.Y. Sharbekova[1], S. Altaiuly[1]

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

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR COMPOSITE FOOD PASTE FROM THE KERNELS OF OILSEEDS

Abstract. This article describes the process and formulation of the development of composite food paste technology from oilseed grains, and a mathematical model is constructed. Safflower, flax, sunflower, soybean seeds, and peanuts were selected as the main raw materials. In this regard, the chemical composition of the selected seeds was considered, which indicates that the seeds are rich in vitamins, macro- and microelements. When developing the technology of composite food paste from oilseeds, water was selected as an additional raw material to achieve the desired paste consistency. During the study, an organoleptic analysis of the finished product was carried out. The result is a product with high nutritional value and new functionality.

Keywords: oilseeds, trace elements, mathematical model.

References

1. Altayuly, S. Tekhnologiya dlya proizvodstva vodno-maslyanykh pishchevykh emul'siy iz semyan saflora. Mezhvidovyye razlichiya khimicheskogo sostava rastitel'nykh letsitinov i ikh funktsional'nykh svoystv [Technology for the production of water-in-oil food emulsions from safflower seeds. Interspecific differences in the chemical composition of plant lecithins and their functional properties] //Materialy 18-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proceedings of the 18th International Scientific and Practical Conference]. - St. Petersburg: University at the IPA EurAsEC, 2023. – P.14-21. [in Russian].
2. Lingyan Zhang, Jia Chen, Jiaxin Zhang, Altayuly Sagymbek, Qi Li, Yuan Gao, Shuangkui Du, Xiuzhu Yu. Lipid oxidation in fragrant rapeseed oil: Impact of seed

roasting on the generation of key volatile compounds //Food Chemistry: X 16. – 2022. – P. 100491.
3. Altayuly S., Temirova I.ZH. Polucheniye pishchevykh letsitinov iz saflorovykh masel [Obtaining food lecithins from safflower oils] // Mechanics and Technologies. – 2018. – No. 1(59). – P. 65-67. [in Russian].
4. Motovilov K.YA., Motovilov O.K., Morozov A.I., Grushina O.S. Sposob polucheniya pastoobraznogo kontsentrata iz semyan amaranta [Method for obtaining a paste-like concentrate from amaranth seeds] // Patent for utility model RU2453127C1. [in Russian].
5. GOST 10852-86 Semena maslichnyye. Pravila priyemki i metody otbora prob [Oil seeds. Acceptance rules and sampling methods]. – Introd. 01.07.87. – Moscow: Standartinform, 2010. – 46 p. [in Russian].
6. Kharrington Ye.S. Funktsiya zhelatel'nosti i yeye primeneniye [Desirability function and its application] // Industrial quality control. – 1965. – No 21(10). – P. 494-498. [in Russian].
7. Koneva M.S. et al. Mnogokriterial'naya optimizatsiya balansa sostava i organolepticheskikh kharakteristik spetsializirovannogo pitaniya antianemicheskoy napravlennosti [Multicriteria optimization of the balance of composition and organoleptic characteristics of specialized anti-anemic nutrition] //Izvestiya vuzov. Food Technology. – 2016. – No 1. – P. 110-113. [in Russian].
8. Shamkova N.T., Usatikov S.V., Dobrovolskaya A.V. et al. A comprehensive approach to design molded culinary products using cottage cheese for school meals //Brazilian Journal of Food Technology. – 2021. – Vol. 24. – P. 202021.
9. Muratova Ye.I., Tolstykh S.G. Proyektirovaniye retseptur konditerskikh izdeliy [Design of confectionery recipes]: method. guide. – Tambov: Publishing house of the State Educational Institution VPOTGTU, 2010. – 32 p. [in Russian].
10. Caloric content of dried safflower seed. Chemical composition and nutritional value. [Electronic resource]. – Access mode: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/17403.php. Date of access: 25.04.2024. [in Russian].
11. Altayuly S., Akishev N.K., Altayev T.S. Sposob proizvodstva vodno-maslyanoy belkovoy emul'siy iz semyan saflora [Method for the production of water-in-oil protein emulsions from safflower seeds] // Patent for Utility Model No. 8935 IPC A23J 1/14. 2024. Bulletin No. 11. [in Russian].
12. Nutraceutical and Pharmaceutical Behavior of Bioactive Compounds of Miracle Oilseeds: An Overview [Electronic resource]. – Access mode: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9265468/. Date of access: 08.05.2024.

ҒТАМР 65.09.03

Г.Д. Шамбулова[1] – *негізгі автор,* ©
Ж.Ә. Нұрсейітова[2]

[1]*Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор,* [2]*Магистрант*
ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0001-6257-1317* [2]*https://orcid.org/0009-0000-3991-0894*
[1,2]*Алматы технологиялық университеті,*
Алматы қ., Қазақстан
@ [1]*dosanbekgulnara@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/FNTM2635

КЕПТІРІЛГЕН ЖЕМІС ТАҒАМЫНЫҢ ПАЙДАСЫ

Аңдатпа. Мақала ауыр және зиянды еңбек жағдайларында жұмыс жасайтын жұмысшылар үшін арнайыландырылған тамақтанудың маңыздылығына арналған. Мұндай жұмысшылар үшін қажетті қуат деңгейін қамтамасыз ететін, олардың денсаулығын қалпына келтіруге және сақтауға ықпал ететін тамақтану маңызды екендігі көрсетілген. Бұл жұмысшылардың тамақтануында антиоксиданттардың рөлі ерекше атап өтіледі. Соңғы кездерде баклажан қабығы, бөріқарақат және қара өрік адам денсаулығына оң әсер етуі мүмкін антиоксиданттардың жоғары болуына байланысты ғалымдардың назарын аударды. Бұл тағамдардағы антиоксиданттар жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғауға және осылайша әртүрлі аурулардың пайда болу қаупін азайтуға қабілетті. Бұл тағамдардағы антиоксиданттардың нақты деңгейі мен сорттарын анықтау және олардың адам ағзасына әсерін тереңірек түсіну үшін зерттеулер жүргізілуде. Консервілеу, дегидратация, экстракция және ашыту сияқты заманауи өңдеу әдістерін қолдану тағамдағы антиоксиданттардың сақталуына және жойылмауын ықпал етеді. Осы саладағы зерттеулер антиоксиданттарды өндіру, сақтау және тұтыну процесінде жақсы сақтауға және тұрақтандыруға қабілетті өнімдерді әзірлеуге бағытталған. Бұл салауатты өмір салтын қолдайтын функционалды өнімдер нарығының өсуіне мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: антиоксиданттар, жемістер, көкөністер, баклажан, бөріқарақат, қара өрік.

Шамбулова, Г.Д. Кептірілген жеміс тағамының пайдасы [Мәтін] / Г.Д. Шамбулова, Ж.Ә. Нұрсейітова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.76-83. https://doi.org/10.55956/FNTM2635

Кіріспе. Зиянды жағдайында жұмыс істейтін жұмысшылар үшін күш қуатын қалпына келтірумен және денсаулықты сақтаумен қамтамасыз ететін тамақтануды қажет етеді. Антиоксиданттармен байытылған тағамдар олар үшін әсіресе пайдалы болуы мүмкін. Антиоксиданттар ағзадаға жасушаларды тотығу стрессінен қорғайды, бұл ауыр және зиянды еңбек жағдайларына байланысты күшеюі мүмкін.

Антиоксиданттар – бұл организмдегі тотығу процестерінің алдын алатын, жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғайтын қосылыстар. Олар қоршаған ортаның, стресстің және жасқа байланысты

өзгерістердің ағзаға теріс әсерін азайтуға көмектесу арқылы денсаулықты сақтауда шешуші рөл атқарады [1].

Антиоксиданттарды әртүрлі тағамдардан, соның ішінде жемістерден, көкөністерден, жаңғақтардан, жасыл шайдан, сондай-ақ С және Е дәрумендеріне, каротиноидтарға, селенге, полифенолдарға және басқа да пайдалы заттарға бай басқа көздерден алуға болады. Бұл қосылыстар иммундық жүйені нығайтады, жасушаларды тотығу стрессінің зақымдануынан қорғайды және жүрек-қан тамырлары патологиясы, қатерлі ісік және көру проблемалары сияқты әртүрлі аурулардың қаупін азайтады [2].

Антиоксиданттарға бай жемістер мен көкөністерге көкжидек пен таңқурай сияқты жидектер, қара өрік пен алма сияқты жемістер, анар мен цитрус жемістері, сондай-ақ С дәрумені мен каротиноидтары бар сәбіз, болгар бұрышы және асқабақ сияқты қызыл, сары және қызғылт сары көкөністер жатады. Шпинат, қырыққабат және брокколи сияқты жасыл көкөністер фолий қышқылына және басқа антиоксиданттарға бай. Жаңғақтар мен тұқымдар, мысалы, бадам, фундук, күнбағыс және асқабақ тұқымдары-күшті антиоксиданттық қасиеттері бар Е дәруменінің тамаша көзі. Жасыл шай құрамында полифенолдардың көп болуына байланысты күшті антиоксиданттық қасиеттерге ие, ал жоғары сапалы қара шоколад антиоксиданттардың қосымша көзі бола алады [3].

Зерттеулер жалпы денсаулық пен әл-ауқатты сақтау үшін антиоксиданттардың маңыздылығын көрсетуді жалғастыруда. Дегенмен, кез келген тағам мен қоспалар сияқты, мамандардың ұсыныстарын орындау және дененің нақты қажеттіліктері үшін антиоксиданттардың оңтайлы комбинациясын таңдау маңызды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қара өрік, бөріқарақат және баклажанның химиялық құрамын теориялық зерттеу олардың потенциалды антиоксиданттық қасиеттерін анықтауға және олардың құрамындағы әртүрлі қоректік заттардың мазмұнын анықтауға мүмкіндік береді.

Қара өрік құрамында денсаулыққа пайдалы бірнеше маңызды антиоксиданттар бар. Олардың кейбіреулері: флавоноидтар, қара өрікке ерекше түс береді, сонымен қатар күшті антиоксиданттар ретінде әрекет етеді. Қара өрікте кездесетін рутин және кверцетин сияқты флавоноидтар жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғауға көмектеседі. Кафеин және хлороген қышқылдары сияқты фенолды қосылыстардың да антиоксиданттық қасиеттері бар. Сонымен қатар, қара өрік құрамында С дәрумені бар, ол денені тотығу стрессінен қорғауға көмектесетін маңызды антиоксидант болып табылады [4].

Бөріқарақат жидектер – әртүрлі пайдалы қоректік заттарға, соның ішінде антиоксиданттарға бай бұта. Бөріқарақат күшті антиоксидант рөлін атқаратын С витаминінің жақсы көзі болып табылады. Ол жасушаларды тотығу стрессінен қорғайды және иммундық жүйені қолдайды. Бөріқарақат жидектерінде антиоксиданттық қасиеттері бар және ағзадағы қабынуды азайтуға көмектесетін рутин мен кверцетин сияқты флавоноидтар бар. Бөріқарақат құрамында бета-каротин сияқты каротиноидтар бар, олар жасушаларды бос радикалдардың әсерінен қорғайды [5].

Баклажан қабығы құрамында антиоксиданттар бар, олар адам денсаулығына оң әсер етуі мүмкін. Олар наливкин және кверцетин сияқты флавоноидтарға бай, сонымен қатар күшті антиоксиданттар болып табылатын С және Е дәрумендері бар. Баклажан құрамындағы флавоноидтар жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғауға және ағзадағы

қабынуды азайтуға көмектеседі. С дәрумені иммундық жүйені қолдайды және тамыр қабырғаларын нығайтады, ал Е дәрумені жасуша мембраналарын тотығу зақымдануынан қорғауға көмектеседі.

Үлгілердегі химиялық элементтерге эксперименттік талдау жүргізу үшін оларды дайындау үшін кептіру әдісі қолданылды.

Тегіс біртекті құрылымы бар баклажанның жұқа қабығы жұмсағынан мұқият бөлінеді. Біз бөлінген қабықты кептіру науаларына орналастырамыз, олардың бір-біріне жабысып тұрмағанына көз жеткізіп, біркелкі кептіруді қамтамасыз етеміз. Кептіру шкафын 50-60°С температураға дейін алдын ала қыздырамыз. Біркелкі кептіру үшін желдетуді қосамыз. Қабықтың дайындығы оның күйімен анықталады – ол қатты, сынғыш, жанасуға құрғақ болады және құрғаған сайын мөлшері азаяды. Баклажанның жұқа қабығын кептіру шкафында кептіру процесі 50-60°С температурада 5 сағатқа созылды.

Бөріқарақат жидектерін бұтақтардан бөліп, оларды суық сумен мұқият жудық. Содан кейін оларды қағаз сүлгімен құрғатамыз. Біз жидектерді кептіру шкафының науаларына біркелкі орналастырамыз, әр жидек басқаларға тиіп кетпейтініне көз жеткізіп, жақсы ауа айналымын қамтамасыз етеміз. Жидектері бар науалар 50-70°С дейін алдын ала қыздырылған кептіру шкафына орналастырылады. Жидектер құрғақ және сынғыш болған кезде дайын болады, бірақ пішіні мен түсін сақтайды. Кептіру уақыты 8 сағатты құрады [6].

Піскен, бірақ қатты пісіп кетпеген қара өріктерді таңдадық. Оларды суық суға мұқият жуып, қағаз сүлгімен құрғаттық. Біз қара өрікті ұзына бойына кесіп, сүйегін алып тастап, тілімдерге бөлеміз. Кесектерді кептіру шкафының науаларына біркелкі орналастырамыз, олардың арасында жақсы ауа айналымы үшін жеткілікті орын қалдырамыз. Кептіру шкафын 60-70°С температураға дейін алдын ала қыздырамыз. Кептіру процесі 12 сағатқа созылды, содан кейін қара өрік құрғақ және сынғыш болды. Зерттеуге алынған қара өрік, бөріқарақат және баклажан үлгілері 1-суретте келтірілген.



Сурет 1. Зерттеу үшін қара өрік, бөріқарақат және баклажан үлгілері

Бұл өнімдердің антиоксиданттарын анықтау үшін спектрофотометриялық әдіс қолданылды. Бұл әдіс антиоксиданттардың құрамын бағалауға мүмкіндік беретін белгілі бір толқын ұзындығында үлгінің жарықты сіңіруін өлшеуге негізделген [7].

Дайындалған үлгілер этанолды еріткіш ретінде пайдаланып экстракцияға ұшырады. Алынған сығынды спектрофотометрдің көмегімен талданды. Үлгі кюветке орналастырылды және берілген толқын ұзындығында оптикалық тығыздық өлшенді. Салыстыру үшін

антиоксиданттың стандартты анықтамалық ерітіндісі қолданылды, бұл үлгідегі антиоксиданттардың мөлшерін анықтауға мүмкіндік берді.

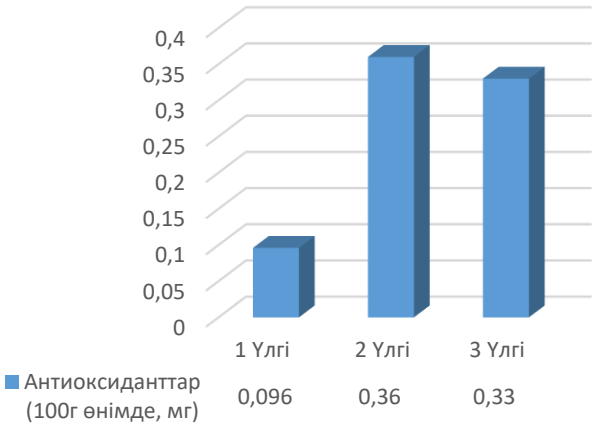
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тағам қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтында жүргізілген зерттеулер баклажан, бөріқарақат және қара өрік қабығында суда еритін әртүрлі антиоксиданттар бар екенін көрсетті.

Кептірілген баклажан қабығында (1-үлгі) С дәрумені (аскорбин қышқылы), антоцианиндер (флавоноидтар) және хлороген қышқылы (полифенол) сияқты суда еритін антиоксиданттар бар. Кептірілген баклажан қабығындағы суда еритін антиоксиданттардың концентрациясы 100 граммға шамамен 0,096 мг жетті. Бұл антиоксиданттар тамақтануда маңызды рөл атқарады: С дәрумені жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғайтын күшті антиоксидант; антоцианиндер, баклажанның ерекше күлгін түсіне жауап беретін флавоноидтар күшті антиоксиданттық қасиеттерге ие; полифенол болып табылатын хлороген қышқылы қабынуды азайтуға және жасушаларды зақымданудан қорғауға көмектеседі [7].

Кептірілген бөріқарақатта (2-үлгі) С дәрумені (аскорбин қышқылы), флавоноидтар және органикалық қышқылдар сияқты суда еритін антиоксиданттар бар. Суда еритін антиоксиданттардың мөлшері 100 граммға 0,36 мг құрайды. Бөріқарақаттағы С дәрумені жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғайды; флавоноидтар бөріқарақатқа ашық қызыл түс береді және күшті антиоксиданттық қасиеттерге ие, ал малеин және лимон сияқты органикалық қышқылдар антиоксиданттық қасиетке ие.

Кептірілген қара өрік (3-үлгі) С дәрумені, фенолдық қосылыстар, антоцианиндер және кверцетин сияқты суда еритін антиоксиданттарға бай. Кептірілген қара өріктегі суда еритін антиоксиданттардың концентрациясы 100 граммға 0,33 мг құрайды. Бұл заттар, соның ішінде С дәрумені, жасушаларды бос радикалдардың зақымдануынан қорғауға көмектеседі. Хлороген және неохлороген қышқылдары сияқты фенолды қосылыстардың күшті антиоксиданттық қасиеттері бар. Антоцианиндер – жемістерге түс беретін және антиоксиданттық белсенділігі бар флавоноидтар. Кверцетин – күшті антиоксиданттық қасиеттері бар флавоноид [8].

Талдау нәтижелері бойынша осы тағамдардағы антиоксиданттардың құрамын салыстыру кестесі жасалды (2-сурет).



Сурет 2. Кептірілген өнімдегі антиоксидантты салыстыру кестесі

Кесте бойынша антиоксиданттардың ең көп мөлшерінде кептірілген бөріқарақат, содан кейін кептірілген қара өрік бар екенін көруге болады. Алайда, қоректік тағам дайындау үшін біз баклажан қосамыз, оның құрамында 20%-дан астам ақуыз және 76%-дан астам көмірсулар бар.

Зерттеу нәтижелері бойынша өсімдік шикізатының жаңа және кептірілген үлгілеріндегі антиоксиданттардың құрамы салыстырмалы анықталды (1-кесте).

Кесте 1

Нәтижелері өсімдік шикізатының балғын және кептірілген үлгілеріндегі антиоксидантты зерттеу

Физико-химиялық көрсеткіштері	Баклажан		Бөріқарақат		Қара өрік	
	Балғын	Кептірілген	Балғын	Кептірілген	Балғын	Кептірілген
Суда еритін антиоксиданттар, мг/г	0,23± 0,0010	0,096± 0,0012	0,93± 0,0014	0,36± 0,0012	0,52± 0,0020	0,33± 0,0022

Ғылыми зерттеу институтында жүргізілген зерттеу кептіру процесі баклажан, бөріқарақат және қара өрік сияқты өсімдіктердегі антиоксиданттардың құрамына оң әсер ететінін көрсетті. Балғын және кептірілген үлгілерді салыстырмалы талдау кептіруде антиоксиданттардың сақталатыны анықталды, бұл кептірілген өсімдіктерді қоректік заттардың құнды көздеріне айналдырады.

Тағамдардағы (баклажан, бөріқарақат, қара өрік) антиоксиданттардың барлық деректерін алғаннан кейін жеміс соусы қосылған ет орамасы мен кептірілген қара өрік гарнирі дайындалды.

Ағзаға арналған осы дайындалған тағамдарда антиоксиданттардың биожетімділігі анықталды. Ағзаға антиоксиданттардың биожетімділігіне әсер ететіндер:

– антиоксиданттың химиялық түрі оның ағзаға сіңу дәрежесіне әсер етеді. Мысалы, С витаминінің бос молекулалары оның эфирлеріне қарағанда оңай сіңеді;

– антиоксиданттардың ерігіштігі де маңызды: С дәрумені сияқты антиоксиданттар сулы ортада жақсы сіңеді;

– бөлшектердің мөлшері: антиоксиданттардың микрокапсуляцияланған түрлері ас қорыту процесінде белсенді қосылыстарды сіңіру және ыдыраудан қорғау үшін бетінің ауданын ұлғайту арқылы биожетімділігін жақсартады;

– антиоксиданттардың тұрақтылығы: антиоксиданттардың тұрақты түрлері пісіру кезінде және ас қорыту процесінде жақсы сақталуы мүмкін, бұл олардың биожетімділігін арттырады. Мысалы, С витаминінің кейбір түрлері қызуға және тотығуға төзімді;

– басқа заттармен байланыс: ақуыз және көмірсулар молекулаларымен байланысты антиоксиданттар ас қорыту процесінде осы байланыстарды ыдырату қиындықтарына байланысты биожетімділіктің төмендеуін көрсетеді;

– өнім матрицасы: құрамында антиоксидант бар тағам құрылымы да маңызды рөл атқарады. Мысалы, ұнтақталған тағамдарда кездесетін антиоксиданттар тұтас тағамдарға қарағанда биожетімді. Бұл факторлардың өзара әрекеттесуі антиоксиданттардың ағзаға сіңуіне айтарлықтай әсер етті.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері бойынша, баклажан қабығы, бөріқарақат және қара өрік антиоксиданттар денсаулықты сақтау және әртүрлі аурулардың алдын алу үшін тағамға енгізілуі мүмкін суда еритін антиоксиданттардың құнды көзі екенін көрсетеді.

Зерттеу нәтижесінде пісірілген тағамдардағы антиоксиданттардың биожетімділігі анықталды, соның ішінде жеміс соусы қосылған ет наны мен кептірілген қара өрік гарнирі. Антиоксиданттардың биожетімділігі антиоксиданттың пішініне және оның өнімге қосылу әдісіне байланысты екені анықталды. Бұл факторлар ағзаның қоректік заттардың сіңу дәрежесіне айтарлықтай әсер етеді, бұл нақты ингредиенттер мен пісіру әдістеріне байланысты өзгеруі мүмкін.

Зерттеулер көрсеткендей, бұл антиоксидантқа бай тағамдарды үнемі тұтыну жалпы денсаулықты сақтау және денені әртүрлі аурулардан қорғау үшін пайдалы.

Әдебиеттер тізімі

1. Коновалов, Д.А. Антиоксиданты плодов и овощей [Текст] / Д.А. Коновалов, В.Н. Оробинская, О.Н. Писаренко //Современная наука и инновации. – 2013. – №4. – С. 76-83.
2. Дубцова, Г.Н. Биологически активные вещества порошков из плодов барбариса и калины [Текст] / Г.Н. Дубцова, А.А. Ломакин, И.У. Кусова, Е.И. Буланникова, Д.И. Быстров //Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51. – № 4. – С.779-783.
3. Гашкова, И.В. Сравнительная характеристика биохимического состава образцов баклажана коллекции ВИР в защищенном грунте [Текст] / И.В. Гашкова, А.Е. Соловьева, А.Б. Курина //Овощи России. – 2021. – № 1. – С.87-95.
4. Nirmala Ravimannan, Asiri Nisansala Study on antioxidant activity in fruits and vegetables – A Review //J. Adv. Res. Biol. Sci. – 2017. – No. 4(3). – P. 93-101.
5. Sahoo SK, Gangopadhyay A, Kar D, Bhuyan R, Bose A. Comparative Antioxidant Study of Different Fruits and Vegetables Commonly Consumed in Odisha, India // International Journal of Current Research and Review. – 2021. – P. 142-145.
6. Afam I., Henry Silungwe,Thakhani Takalani, Adewale Omolola. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health //International Journal of Food Properties. – 2021. – P.41-67.
7. Jie Sun, Yi-Fang Chu, Xianzhong Wu, Rui Hai Liu. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits //National Library of Medicine. – 2002. – Vol. 50(25). – P. 7449-7454.
8. Kamlesh Prasad, Ravneet Kaur, Shubhra Shekhar. Antioxidant potential of Fruits and Vegetables //Journal of Clinical Nutrition Dietetics. – 2022. – P.25-32.

Материал редакцияға 22.08.24 түсті.

Г.Д. Шамбулова[1], Ж.А. Нурсейитова[1]

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

БЛЮДА ИЗ ВЫСУШЕННЫХ ПЛОДОВ

Аннотация. Статья посвящена значению сбалансированного питания для сотрудников, занятых на работах с высокой физической нагрузкой и вредными условиями труда. Указывается, что для таких сотрудников важно получать питание, которое обеспечивает необходимый уровень энергии, способствует восстановлению и поддержанию их здоровья. Особо подчеркивается роль антиоксидантов в рационе

этих работников. В последнее время кожура баклажана, барбарис и сливы привлекают внимание ученых благодаря возможному высокому содержанию антиоксидантов, которые могут оказывать положительное воздействие на здоровье человека. Антиоксиданты, содержащиеся в этих продуктах, способны защищать клетки от повреждений, вызванных свободными радикалами, и тем самым снижать риск возникновения различных заболеваний. Ведутся исследования для определения точного уровня и разновидностей антиоксидантов в этих продуктах, а также для более глубокого понимания их потенциального влияния на организм человека. Применение современных методов обработки, таких как консервирование, дегидратация, экстракция и ферментация, способствует сохранению и увеличению уровня антиоксидантов в продуктах питания. Исследования в данной области фокусируются на разработке продуктов, способных лучше сохранять и стабилизировать антиоксиданты в процессе их производства, хранения и потребления. Это создает возможности для роста рынка функциональных продуктов, поддерживающих здоровый образ жизни.

Ключевые слова: антиоксиданты, фрукты, овощи, баклажан, барбарис, слива.

G.D. Shambulova[1], Zh.A. Nurseitova[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

DISHES MADE FROM DRIED FRUITS

Abstract. The article is devoted to the importance of a balanced diet for employees engaged in jobs with high physical activity and harmful working conditions. It is indicated that it is important for such employees to receive nutrition that provides the necessary level of energy, helps to restore and maintain their health. The role of antioxidants in the diet of these workers is particularly emphasized. Recently, the skins of eggplant, barberry and plum have attracted the attention of scientists due to the possible high content of antioxidants, which can have a positive effect on human health. The antioxidants contained in these products are able to protect cells from damage caused by free radicals, and thereby reduce the risk of various diseases. Research is underway to determine the exact levels and varieties of antioxidants in these products, as well as to better understand their potential effects on the human body. The use of modern processing methods, such as canning, dehydration, extraction and fermentation, helps to preserve and increase the level of antioxidants in food. Research in this area focuses on the development of products that can better preserve and stabilize antioxidants during their production, storage and consumption. This creates opportunities for the growth of the market for functional products that support a healthy lifestyle.

Keywords: antioxidants, fruits, vegetables, eggplant, barberry, plum.

References

1. Konovalov D.A., Orobinskaya V.N., Pisarenko O.N. Antioksidanty plodov i ovoshchey [Antioxidants of fruits and vegetables] // Modern science and innovation. – 2013. – No. 4. – P. 76-83.
2. Dubtsova G.N., Lomakin A.A., Kusova I.U., Bulannikova Ye.I., Bystrov D.I. Biologicheski aktivnyye veshchestva poroshkov iz plodov barbarisa i kaliny [Biologically active substances of powders from barberry and viburnum fruits] // Equipment and technology of food production. – 2021. – Vol. 51. – No. 4. – P.779-783.
3. Gashkova I.V., Solov'yeva A.Ye., Kurina A.B. Sravnitel'naya kharakteristika biokhimicheskogo sostava obraztsov baklazhana kollektsii VIR v zashchishchennom grunte [Comparative characteristics of the biochemical composition of eggplant

samples from the VIR collection in protected ground] //Vegetables of Russia. – 2021. – No. 1. – P.87-95.
4. Nirmala Ravimannan, Asiri Nisansala Study on antioxidant activity in fruits and vegetables – A Review //J. Adv. Res. Biol. Sci. – 2017. – No. 4(3). – P. 93-101.
5. Sahoo SK, Gangopadhyay A, Kar D, Bhuyan R, Bose A. Comparative Antioxidant Study of Different Fruits and Vegetables Commonly Consumed in Odisha, India // International Journal of Current Research and Review. – 2021. – P. 142-145.
6. Afam I., Henry Silungwe,Thakhani Takalani, Adewale Omolola. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health //International Journal of Food Properties. – 2021. – P.41-67.
7. Jie Sun, Yi-Fang Chu, Xianzhong Wu, Rui Hai Liu. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits //National Library of Medicine. – 2002. – Vol. 50(25). – P. 7449-7454.
8. Kamlesh Prasad, Ravneet Kaur, Shubhra Shekhar. Antioxidant potential of Fruits and Vegetables //Journal of Clinical Nutrition Dietetics. – 2022. – P.25-32.

ҒТАМР 65.63.91

Ш.Б. Байжанова[1] – *негізгі автор*, ©
З.К. Конарбаева[2], Ж.Б. Калдыбекова[3]

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

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-4286-7369 [2]https://orcid.org/0000-0002-5469-455X [3]https://orcid.org/0000-0003-2906-9098*

[1,2,3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

Шымкент қ., Қазақстан

@ *[1]bshb86@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/MXGY8556

ЕКІНШІ СҮТ РЕСУРСТАРЫН КЕШЕНДІ ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа. Жұмыста функционалды тамақ өнімдерін өндіру қазіргі заманғы тамақ өнеркәсібі үшін өзекті міндет болып табылатыны көрсетілген. Екіншілік сүт шикізатынан – сүт сарысуынан функционалды асқабақ сүті десертінің рецептурасы мен технологиялары зерттелді. Органолептикалық сипаттамаларды жақсарту және емдік-профилактикалық әсер беру үшін асқабақты қолдана отырып, сүтті десерттің прототиптері жасалды. Қантты алмастырғыш ретінде сүтті десертті жасау кезінде желеге функционалды қасиеттер беру үшін стевиогликозид Е960-стевия сығындысы колданылды. Зерттеу нәтижелері негізінде енгізілген құрылымдық құрылысшылардың оңтайлы концентрациясы анықталды, функционалды сүт десертін дайындаудың технологиясы жасалды, энергетикалық құндылығы анықталды. Асқабақты толтырғышын қолдану бай дәрумендер құрамы, флавоноидтар, макро- және микроэлементтер мен биологиялық белсенді заттар арқылы десерттердің биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Теңдестірілген құрамның поликомпонентті функционалды өнімдерін жасау үшін өсімдік тектес компоненттері бар қайталама сүт шикізатын біріктіріп пайдалану перспективасы белгіленді.

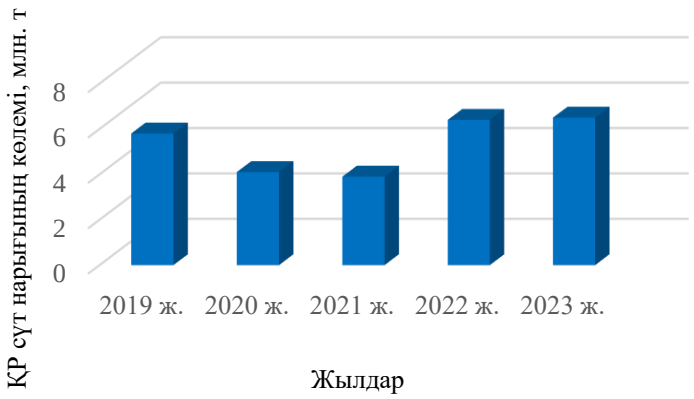
Тірек сөздер: сүт, сүт сарысуы, функционалды десерттер, асқабақ, витаминдер, сапа көрсеткіштері.

Байжанова, Ш.Б. Екінші сүт ресурстарын кешенді пайдалану [Мәтін] / Ш.Б. Байжанова, З.К. Конарбаева, Ж.Б. Калдыбекова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.84-95. https://doi.org/10.55956/MXGY8556

Кіріспе. Сүт өндірісі агроөнеркәсіптік кешеннің маңызды салаларының бірі болып табылады. Сүт және сүт өнімдері толық ақуыздардың, майлардың, сүтті қанттың, сондай-ақ әртүрлі минералдардың, дәрумендердің, ферменттердің көзі болып табылады. Сүт адам ағзасына оңай сіңеді. Оны табиғи түрде де (толық сүт), әртүрлі өнімдер түрінде де қолдануға болады: ашытылған сүт өнімдері, ірімшіктер, сүзбе, кілегей, май және т.б.

Қазіргі уақытта Қазақстан тұрғындарының сүт өнімдеріне деген қажеттілігі заттай тұтыну есебінен едәуір дәрежеде қанағаттандырылуда. Урбанизация процестері және өмір сүру қарқынын жеделдету елдегі сүт өнімдерін табиғи тұтынуды олардың нарықтық сатып алуымен біртіндеп алмастырады. Қазақстанда сүт өнімдерін сатудың өсу әлеуеті өте маңызды

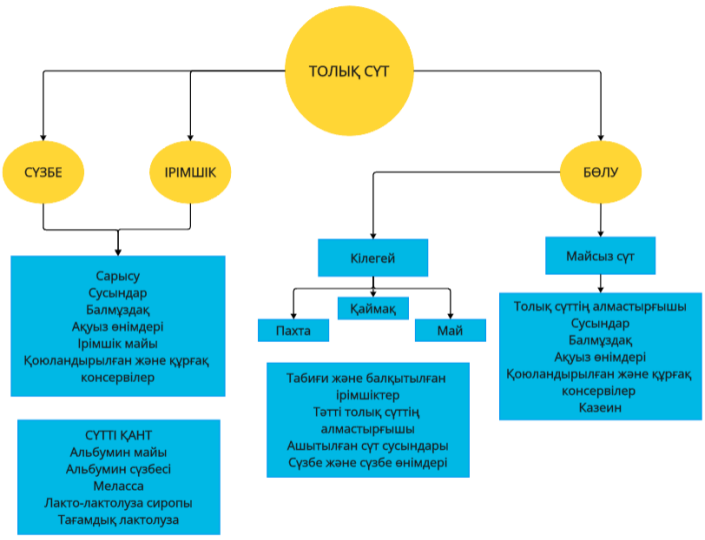
болып қала береді [1-2]. Бұдан басқа, Қазақстан халқы өсуде, бұл ұзақ мерзімді перспективада елдегі сүт өнімдері нарығының өсуінің тағы бір факторы болып табылады. ҚР-да 2019-2023 жылдарға арналған сүт өндірісінің динамикасын талдау 1-суретте келтірілген.



Сурет 1. Қазақстандағы сүт нарығы көлемінің динамикасы 2019-2023 жж.

Сүттің екінші ресурстарынан сапалы өнім алу – сүтті өңдеудің қалдықсыз және ресурстарды үнемдейтін технологиясының заманауи қағидаттарының бірі, оларды өндірудің қазіргі кезеңдегі барысын анықтайтын жаңа ғылыми шешімдер.

2-суретте екінші сүт ресурстарын қалыптастыру схемасы және кешенді пайдалануы көрсетілген.



Сурет 2. Қайталама сүт ресурстарын қалыптастыру және өңдеу схемасы

Сүттің барлық компоненттерін толық және ұтымды пайдалану мәселесі бүкіл әлемде бар. Мәселенің мәні сүт өнімдерін өндірудің қолданыстағы дәстүрлі технологиясында жатыр. Сүтті бөлу, қаймақ, май, табиғи ірімшіктер, сүзбе және сүт протеинін өндіру кезінде дәстүрлі технология бойынша

жанама өнімдер – майсыз сүт, айран және сүт сарысуы алынады. Екінші сүт ресурстары шикізаты – бастапқы сүттен ерекшеленетін бірегей, теңдестірілген табиғат құрамымен және қасиеттерімен сипатталады.

Сүт өнеркәсібінде сарысу сияқты спиральдың көп бөлігі жай лақтырылады, өйткені оны өндірушіге қайта өңдеуге жұмсауға қарағанда кәдеге жарату арзанырақ. Сарысу тағамның қажетті компоненттерінің құнды көзі болып табылады, сондықтан оны одан әрі азық-түлік және жемшөп мақсатында пайдалану ұтымды. Қалдықсыз технологиялар сүттің барлық құрамдас бөліктерін оны тамақ өнімдеріне, медициналық препараттарға, жем концентраттарына және техникалық жартылай фабрикаттарға өнеркәсіптік өңдеу негізінде пайдалануға мүмкіндік береді [3-4].

Екінші сүт ресурстары негізгі және ең құнды компоненттері – ақуыздар, майлар және көмірсулар (лактоза). Негізгі компоненттерден басқа минералды тұздар, белокты емес азотты қосылыстар, дәрумендер, ферменттер, гормондар, иммундық денелер, органикалық қышқылдар, яғни толық сүтте кездесетін барлық құнды компоненттер. Қайталама сүт ресурстарын негізгі компоненттердің құрамы (толық сүтпен салыстырғанда) 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Негізгі компоненттердің құрамы

Құрамдас бөліктер	Қаймағы алынбаған сүт	Майсыздандырылған сүт	Айран	Сүт сарысуы
Құрғақ заттың массалық үлесі, %	12,3	8,8	9,1	6,3
Сүт майы	3,6	0,05	0,5	0,2
Ақуыз	3,2	3,2	3,2	0,8
Лактоза	4,8	4,8	4,7	4,5
Минералдық заттар	0,7	0,75	0,7	0,5

Толық, майсыз сүттің, сары майдың және сарысудың энергетикалық құндылығы сәйкесінше 2805, 1440, 1599 және 1013 кДж құрайды [5]. Қаймағы алынбаған және қайталама сүт шикізатындағы дәрумендердің құрамы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Қаймағы алынбаған және қайталама сүт шикізатындағы дәрумендердің құрамы

Витаминдер	Қаймағы алынбаған сүт	Майсыздандырылған сүт	Айран	Сүт сарысуы
Тиамин (В1)	0,45	0,35	0,36	0,37
Рибофлавин (В2)	1,50	1,80	2,00	2,00
Пиридоксин (В6)	0,33	1,50	1,60	1,30
Қобаламин (В12)	4,00	4,00	4,20	2,60
Аскорбин қышқылы (С)	1,50	2,30	2,70	4,70
Ретинол (А)	0,25	0,03	0,08	0,04
Токоферол (Е)	0,85	0,50	0,55	0,29
Биотин (Н)	56,00	0,01	0,01	0,01
Холин	313,00	328,00	466,00	662,00

Сүт сарысуы – сүзбе, ірімшік және казеин өндірісіндегі қайталама шикізат. Өндірілетін өнімнің түріне байланысты сүзбе, ірімшік, казеин сарысуы алынады [5-6]. Өндіріс процесінде сүттің 50%-ға жуығы сүт сарысуына өтеді. Сүт сарысуының құрамы мен қасиеттері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Сүт сарысуының құрамы мен қасиеттері

Көрсеткіштер	Сүт сарысуы		
	Ірімшік	Сүзбе	Казеинді
Құрғақ зат, %, оның ішінде:	4,5-7,2	4,2-7,4	4,5-7,5
сүт майы	0,05-0,5	0,05-0,4	0,02-0,1
лактоза	3,9-4,9	3,2-5,1	3,5-5,2
минералды тұздар	0,3-0,8	0,5-0,8	0,3-0,9
Қышқылдығы, °Т	15-25	50-85	50-120
Тығыздығы, кг/м^3	1018-1027	1019-1460	1020-1025

Екінші сүт шикізаты – бұл өмірлік маңызды минералды қосылыстардың табиғи жиынтығы бар өнім. Минералды құрамы бойынша екінші сүт шикізаты толық сүтке ұқсас. Құрамында фосфор, кальций, магний, сондай ақ микро және ультрамикроэлементтер бар қосылыстар ерекше мәнге ие. Тұтастай алғанда, қайталама сүт шикізатының минералды тұздарының кешені өзінің кең спектрі бойынша да, қосылыстардың құрамы бойынша да биологиялық тұрғыдан ең оңтайлы болып көрінеді.

Ферменттер, дәрумендер, фосфолипидтер және басқа да майсыз сүт, сары май және сарысу биологиялық белсенді заттар маңызды рөл атқарады. Майсыз сүт пен айранның энергетикалық құндылығы шамамен екі есе, ал сарысулар толық сүтке қарағанда шамамен 3,5 есе аз және олардың биологиялық құндылығы шамамен бірдей. Бұл қазіргі кезеңде адамдардың диеталық тамақтануында қайталама сүт шикізатын қолданудың орындылығын анықтайды, физикалық белсенділік айтарлықтай төмендеген кезде артық дене салмағына бейімділік пайда болады, жүйке-психикалық шамадан тыс жүктеме жоғарылайды және диетада оның энергетикалық құндылығы емес, жоғары биологиялық толықтығы маңызды.

Функционалды тамақ өнімдерін өндіру қазіргі заманғы тамақ өнеркәсібі үшін өзекті міндет болып табылады, өйткені азық-түлік базасын құру адамдардың өмір сүруінің кепілі, кез келген мемлекеттің өркендеуінің негізі болды. Функционалды өнімдер нарығын зерттеу көрсеткендей, алдағы 15-20 жылда функционалды өнімдер жалпы азық-түлік нарығының 30% құрайды. Функционалды тамақ өнімдерінің әлемдік тұтыну нарығы сүт өнімдерінің есебінен 50-65%-ға, нан-тоқаш өнімдерінің 9-10%-ға, функционалды сусындардың 3-5%-ға, басқа да тамақ өнімдерінің есебінен 20-25%-ға қалыптасады [5-7].

Бүгінгі таңда сүт десерттері ең танымал тағамдардың бірі болып табылады. Маркетингтік зерттеулер көрсеткендей, адамдардың шамамен 80%-ы жынысы мен жасына қарамастан сүт негізіндегі десерттерді сатып алады. Жемістер мен шырындар сияқты басқа тағамдармен салыстырғанда, сүтке негізделген тәтті тағамдарды халық жыл бойы тұрақты түрде тұтынады. Қазіргі уақытта өсімдік ақуыздарымен, дәм толтырғыштарымен және дәрумендермен байытылған май құрамы төмен сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейту және өндірісін ұлғайту сұранысқа ие.

Сүт өнеркәсібінде асқабақ дақылдарын қолдану өзекті болып табылады, өйткені бұл бағыт өнім ассортиментін кеңейту мен жаңартудың ең қолайлы әдістерінің бірі болып табылады. Сонымен қатар, макро- және микроэлементтерге, дәрумендерге, талшықтарға бай асқабақ сияқты қосымша ингредиенттерді енгізу тағамдарға жағымды хош иіс пен дәм береді және осылайша адам денсаулығына пайдалы әсер етеді [8-10].

Сүт десерттері нарығында жаңа піскен, өңделген жидектер мен жемістерді, сондай-ақ әртүрлі витаминделген кешендерді қамтитын өнім көлемінің ұлғаю үрдісі байқалады. Толтырғыштармен бірге сүт сарысуынан жасалған желе ерекше жағымды көрініс пен ерекше дәмге ие, сонымен қатар сүт сарысуының құрамында қолдану өнімнің калориясын төмендетеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Сүт сарысуы, сүт өнімдерінің әртүрлі түрлерін өндіруде әсерлі көлемде алынатын қайталама өнім бола отырып, тағамдық құрамына байланысты өнеркәсіптік маңызы бар [8]. Сүт сарысуы – бұл органикалық және тұзды заттарға бай жанама шикізат, технологиялық мақсаттар үшін көптеген мүмкіндіктері бар жоғары тағамдық құндылыққа ие, бұл оны екінші сүт өнімі ретінде сипаттайды. Бұл сүтті бастапқы өңдеуден кейін сарысуға айналатын тағамдық, биологиялық және функционалды қолдану үшін сарысулық ақуыздардың бай көзі. Сүт сарысуының құрғақ құрамы мен химиялық құрамы сүтті бастапқы өңдеу әдісі мен технологиясына және қолданылатын жабдықтың түріне байланысты. Сүт сарысуындағы су 93-95% құрайды, қосылыс формалары бойынша бос, физика-химиялық және химиялық күйде болады. Сүт сарысуында 200-ден астам компонент табылды. Негізгілері: лактоза – 70%, сүт сарысуындағы сарысу ақуыздары – 14%, минералды құрамы – 7,7%, липидтер – 5,7%, басқа заттар – 0,9% [3].

Асқабақтың тағамдық құндылығынан басқа көптеген құнды микроэлементтер бар және бүкіл денеге оң әсер етеді. Сонымен қатар, асқабақтың целлюлозасы мен шырыны ғана емес, сонымен қатар тұқымдар да пайдалы қасиеттерге ие. Қарапайым өңдеудің өте перспективалы цуккини аралас және тағамдық гель өнімдерінің технологиясында қолданылады, құрамында 11%-ға дейін әр түрлі сіңімді көмірсулар бар. 100 г асқабақ целлюлозасында 25% құрғақ зат, 2% крахмал, 0,15% май және 0,95% талшық бар.

Стевиогликозид Е 960 балқу температурасы 196-198°С, ақ кристалды гигроскопиялық ұнтақ, суда оңай ериді, жоғары температураға төзімді, сондықтан оны диеталық және консервіленген тағамдарды дайындау үшін пайдалануға болады. Ол 0,4% сахароза ерітіндісінен 300 есе тәтті, 150% сахароза ерітіндісінен 4% және 100% сахароза ерітіндісінен 10 есе тәтті [11-14].

Әзірленген десерттер сапасының органолептикалық көрсеткіштері МЕСТ 31986-2012 «Қоғамдық тамақтану қызметтері. Қоғамдық тамақтандыру өнімдерінің сапасын органолептикалық бағалау әдісі» бойынша анықталды. Әзірленген десерттерде беттің жай-күйі, кесіндідегі (сынықтағы) көрініс, қатты заттардың массалық үлесі, қышқылдығы, түсі және пішінін сақтау қабілеті сияқты көрсеткіштер анықталды. Алынған өнімнің құрылымына (консистенциясына), хош иісі мен дәміне және энергетикалық құндылығына ерекше назар аударылды. [15].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жергілікті шикізат негізінде биологиялық құндылығы жоғары тамақ өнімдерін өндіру бүгінде тамақ өнеркәсібін дамытудың басым бағыттарына жатқызылды.

Мұндай өнімдердің ассортиментін кеңейтуге арналған шикізаттың перспективалы түрі – асқабақ. Бұл шикізатты пайдаланудың артықшылығы оның төмен құны мен сүт өнеркәсібі үшін қол жетімділігінде ғана емес, сонымен қатар бұл толтырғышты енгізу өнімге жаңа сапа беруге, ассортиментті кеңейтуге және бәсекеге қабілеттілікті арттыруға мүмкіндік береді

Қазақстанда дәстүрлі түрде асқабақ дақылдарының көп мөлшері өсіріледі: қатты, ірі жемісті, мускат жаңғағы (3-сурет) [16].



ірі жемісті асқабақ



мускатты асқабақ



қатты асқабақ

Сурет 3. Асқабақ түрлері

Мускатты асқабақтың еті ашық қызғылт сары түсті, ол жасыл теріге күрт қарама-қайшы келеді. Мускатты асқабақ жемісіні жұмсақ бөлігі көптеген пайдалы микроэлементтерге ие және оны адамдар диета кезінде жиі пайдаланады. Асқабақтың химиялық құрамын зерттеу өсімдікте энергетикалық заттар: майлар, белоктар және көмірсулар бар екені анықталды. Тұқымда май және эфир майлары табылды. Майлы майға линол, олеин, пальмитин және стеарин қышқылдарының глицеридтері кіреді; фитостерол – кукурбит табылды, амин қышқылдары құрамында – оксицеротикалық қышқылы бар шайырлы заттар, органикалық қышқылдар, С, В1 дәрумендері, каротиноидтар (1, 2-кесте). Асқабақтың жұмсақ бөлігінде қант (негізгісі сахароза), талшық, калий, кальций, магний, темір тұздары кездеседі; микроэлементтер: мыс, кобальт және т.б.; С, В1, В2, В5, Е, РР витаминдері және каротиноидтер. Өсімдіктің жапырақтарында жемістермен салыстырғанда (620 мг% дейін) С витамині айтарлықтай көп, ал гүлдерден бояғыш заттар, флавоноидтар және каротиноидтар (криптосацин, зеаксантин, флавоксантин) табылған.

Кесте 4

Асқабақ құрамындағы дәрумендердің мөлшері (100 г өнімге)

РР дәрумені	0,5 мг
Бета-каротин	1,5 мг
А дәрумені (РЭ)	250 мкг
В1 дәрумені (тиамин)	0,05 мг
В2 дәрумені (рибофлавин)	0,06 мг
В5 дәрумені (пантотен қышқылы)	0,4 мг
В6 дәрумені (пиридоксин)	1,6 мг
РР дәрумені (Ниацинді баламасы)	0,7 мг

Асқабақ – асқабақ тұқымдасына жататын шөптесін өсімдіктер тұқымдасы. Қазақстанда әдетте кәдімгі асқабақ түрі (*Cucurbita pepo*) кең

таралған және тағамдық және жемшөп өсімдігі ретінде өсіріледі. Көкөніс тағамда кеңінен пайдаланады, көптеген ауруларды алдын-алу үшін және емдеуде қолданылады. Асқабақ жемісі көмірсулардың көп болуына және емдік-диеталық қасиеттеріне байланысты жағымды дәмі үшін бағаланады.

Асқабақ – табиғи витамин-минералды кешен. Ол β-каротинге, С, Е, В1, В2, РР дәрумендеріне бай. Асқабақта калий, кальций, темір, магний, мыс, мырыш, кобальт, кремний, фтор көп. Сонымен қатар, асқабақтың калориясы төмен және талшыққа бай. Сондықтан асқабақтың диеталық және емдік құндылықтары өте үлкен. Жеміс целлюлозасында қант (3-11%-ға дейін), крахмал (15-20%), С дәрумендері (8 мг%), В1, В2, В5, Е, каротин –100 г шикі массаға 5 мг (бұл сәбізге қарағанда көп), никотин қышқылы, микроэлементтер (мыс, кобальт, мырыш және т.б.), калий, кальций, магний, темір тұздары, пектин, талшық, ақуыздар, ферменттері бар. Асқабақ – термиялық өңдеуден кейін де пайдалы қасиеттерін жоғалтпайтын табиғи мультивитамин. Бұл әмбебап өнім, ол тек тамақ өнімі ретінде ғана емес, сонымен қатар фармакологияда және басқаларында қолданылады.

Органолептикалық сипаттамаларды жақсарту және емдік-профилактикалық әсер беру мақсатында біз асқабақты қолдана отырып және қантты стевиогликозид Е960-стевия сығындысына алмастыра отырып, сүт десертінің үлгілерін жасадық.

Кәдімгі асқабақ ұнтағын дайындау келесідей жүзеге асырылады: асқабақ жемістерін жуу және тексеру, асқабақты 30-40 мм кесектерге кесу, тұқымдар мен ішкі пленкадан босату, 2-3 мм кесектерге ұсақтау, содан кейін ұсақталған жемістер микротолқынды пеште 6-7 минут ішінде кептіріледі, меншікті қуаты 300-350 Вт/кг, електен өткізіледі, жасушалардың мөлшері 0,4 мм және құрамында 30-40% құрғақ заттар бар ұнтақ алынады. Агар-агар сүт сарысуымен 1:20 қатынасында араластырылады: толық ерігенше қыздырылады, содан кейін алынған масса 70-75% құрғақ заттардың массалық үлесіне дейін қайнатылады, 45-50°С дейін салқындатылады, тағамдық қоспалар қосылады: стевиогликозид Е960-стевия сығындысы, асқабақ ұнтағы, лимон қышқылы, барлығы мұқият араластырылып, алынған сағыз массасы 30-35% ылғалдылықпен қалыптауға және салқындатуға жіберіледі (сурет.4).



Сурет 4. Сарысу негізіндегі асқабақ десертінің үлгісі

Сарысу негізіндегі асқабақ десертін алудың технологиялық процесі дәрумендер мен минералдармен, тағамдық талшықтармен байытылған, энергетикалық құндылығы төмен, дайын өнімге емдік-профилактикалық бағыт беретін, функционалды кондитерлік өнімдердің ассортиментін кеңейтетін және дайын өнімнің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретін

жақсартылған қасиеттері бар жаңа функционалды өнімді алуға мүмкіндік береді [11].

Зерттеудің соңғы кезеңінде асқабақ қосылған сүтті десерт үлгілерінің тағамдық және энергетикалық құндылығы анықталды. 5-кестеде өнімнің белгілі және әзірленген құрамы сапасының органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 5

Өнімнің белгілі және әзірленген құрамының органолептикалық және физико-химиялық сапалық көрсеткіштері

№	Десерт сапасының физико-химиялық көрсеткіштері	Белгілі құрам	1*	2*	3*
1	Дәмі	топинамбур ашық түсті нәзік дәмімен	десерттің осы түріне тән	десерттің осы түріне тән	десерттің осы түріне тән
2	Түсі	қою сары, өзіне тән шоғырланған да пастада	ашық қызғылт сары, асқабаққа тән	ашық қызғылт сары, асқабаққа тән	ашық қызғылт сары, асқабаққа тән
3	Иісі	бөгде иіссіз, мармеладтың осы түріне тән	десерттің осы түріне тән, тұрақты иіссіз	десерттің осы түріне тән, тұрақты иіссіз	десерттің осы түріне тән, бөгде иіссіз
4	Беті	тегіс, тегіс	тегіс, жақын	тегіс, жылтыр	тегіс, жылтыр
5	Құрғақ заттардың массалық үлесі, %	70,0	76,0	88,0	91,0
6	Тотықсыздандырғыш заттардың салмақтық үлесі, %	43,3	45,3	48,7	51,2
7	Қышқылдық, pH	4,1	4,1	4,6	4.7
8	Энергетикалық құндылығы, ккал	112,7	75,3	70,5	63,2
* Асқабақ ұнтағын қолданатын сүт сарысуы негізіндегі функционалды десерт рецептері					

4-кестеден асқабақ ұнтағын қолдана отырып, сүт десертін алудың ұсынылған құрамы үлгісімен салыстырғанда тағамдық талшықтармен және минералдармен байытылған, энергетикалық құндылығы төмендеген жоғары сапалы жаңа функционалды өнім алуға мүмкіндік беретіндігін көруге болады.

Зерттеу нәтижелері теңдестірілген құрамның көпкомпонентті функционалды өнімдерін жасау үшін өсімдік тектес компоненттері бар қайталама сүт шикізатын біріктіріп пайдалану перспективасын көрсетті. Диетаға жаңа әзірленген сүт десерттерін қосу балалардың және егде жастағы адамдардың тамақтану құрылымын жақсартуға және аурулардың пайда болу қаупін азайтуға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Сүт сарысы жақсы емдік-профилактикалық қасиеттері бар функционалды десертті әзірлеуге негіз болып табылады, өйткені барлық негізгі компоненттердің оңтайлы арақатынасы мен оңай сіңетін түрінің арқасында дайын өнімді өте құнды, диеталық және емдік тамақтану үшін таптырмас етеді.

Жүргізілген зерттеулер асқабақты дайын өнімнің биологиялық және тағамдық құндылығын арттыра отырып, дәмі жақсартылған сүт десерттерінің жаңа ассортиментін жасау үшін пайдалану мүмкіндігін анықтайды. Олардың құрамындағы дәрумендердің, макро- және микроэлементтердің, органикалық қышқылдардың, антиоксиданттардың және диеталық талшықтардың арқасында олар кең спектрге ие.

Төмен гликемиялық индексі бар стевия сығындысы – Е960 стевиогликозидін қолдану сүтті десерт технологиясында қолдануға жарамды.

Осылайша, асқабақ ұнтағын қолдана отырып, сүт сарысуы негізінде қол жетімді десертті жасау энергетикалық құндылығы төмен минералдар мен антиоксиданттармен байытылған жоғары сапалы жаңа өнімді алуға мүмкіндік береді, сонымен қатар дайын өнімге функционалды мақсат беруге, осы десертті өндірудің технологиялық процесін жеңілдетуге, олардың ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Сейдуманова, М. Пищевая промышленность: перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://foodexpo.kz/ru/press-tsentr/novosti/82-2.
2. Fayed A, Abo El-Naga M, Khallaf M, Eid M. Value addition to frozen desserts through incorporation of pumpkin solids and uf milk permeate //Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 28(3). – P. 857-70.
3. Арсеньева, Т.П. Безотходные технологии отрасли [Текст]: учеб.-метод. Пособие / Т.П. Арсеньева. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 55 с.
4. Jarret W. Reviev of important trace elements in dairy products //Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 75. – P. 181-193.
5. [?] Функциональное питание – общая проблема «здорового образа жизни» населения государств Евразии: научные статьи X Евразийского научного форума [Текст]: сборник. – СПб.: Университет при МПА ЕврАзЭС, 2019. – 189 с.
6. Дыдыкин, А. Функциональное питание – новая концепция здорового образа жизни [Текст] / А. Дыдыкин, М. Асланова //Агротехника и технологии. – 2016. – №3.
7. Карпова, Г.В. Общие принципы функционального питания и методов исследования свойств сырья продуктов питания [Текст]: учебное пособие для студентов / Г.В. Карпова, М.А. Студянникова. Ч. 2. – Оренбург: Университет, 2020. – 135 с.
8. Неповинных, Н.В. Пищевые волокна: функционально-технологические свойства и применение в технологиях продуктов питания на основе молочной сыворотки [Текст]: монография / Н.В. Неповинных. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 641 с.
9. Szydłowska A, Zielińska D, Kołożyn-Krajewska D. Effect of Pumpkin Cultivar on the Selected Quality Parameters of Functional Non-Dairy Frozen Desserts //Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12(16). – P. 8063.
10. Шванская, И.А. Перспективные направления создания продуктов функционального назначения на основе растительного сырья: науч. аналит. обзор [Текст] / И.А. Шванская. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 184 с.

11. Gupta E., Purwar S., Sundaram S., Rai G.K. Nutritional and therapeutic values of Stevia rebaudiana: A review //Journal of Medicinal Plants Research. – 2013. – Vol. 7(46). – P. 3343-3353.
12. Gasmalla M.A.A., Yang R., Hua X. Stevia rebaudiana Bertoni: an alternative sugar replacer and its application in food industry //Food Engineering Reviews. – 2014. – Vol. 6(4). – P. 150-162.
13. Kobus-Moryson M., Gramza-Michałowska A. Directions on the use of stevia leaves (Stevia rebauidana) as an additive in food products //Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2015. – Vol. 14(1). – P. 5-13.
14. Marcinek K., Krejpcio Z. Stevia rebaudiana Bertoni: health promoting properties and therapeutic applications //Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. – 2016. – Vol. 11(1). – P. 3-8.
15. Виноградова, А.А. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств [Текст] / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева и др.; под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 2021. – 335 с.
16. Кизатова, М.Ж. Вопросы использования рекомендованных в Республике Казахстан сортов тыквы для производства пектина [Текст] / М.Ж. Кизатова, С.Т. Азимова, А.М. Адмаев, А.Б. Токтамысова //Universum: Технические науки. – 2015. – №. 1 (14).

Материал редакцияға 28.08.24 түсті.

Ш.Б. Байжанова[1], З.К. Конарбаева[1], Ж.Б. Калдыбекова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МОЛОЧНЫХ РЕСУРСОВ

Аннотация. Производство функциональных продуктов питания является актуальной задачей для современной пищевой промышленности. Исследованы рецептура и технологии функционального тыквенного молочного десерта из вторичного молочного сырья – молочной сыворотки.

С целью улучшения органолептических характеристик и придания лечебно-профилактического эффекта разработаны опытные образцы молочного десерта с использованием тыквы. Для придания желе функциональных свойств при разработке молочного десерта в качестве заменителя сахара использован стевиогликозид Е960 – экстракт стевии. На основе результатов исследований определены оптимальные концентрации внесенных структурообразователей, разработаны рецептуры и технология приготовления функционального молочного десерта, определена энергетическая ценность. Установлено, что использование тыквенного наполнителя позволяет повысить биологическую ценность десертов за счёт богатого витаминного состава, флавоноидов, макро- и микроэлементов и биологически активных веществ. Установлена перспективность комбинированного использования вторичного молочного сырья с компонентами растительного происхождения для создания поликомпонентных функциональных продуктов сбалансированного состава.

Ключевые слова: молоко, молочная сыворотка, функциональные десерты, тыква, витамины, показатели качества.

Sh.B. Baizhanova[1], Z.K. Konarbayeva[1], Zh.B. Kaldybekova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

INTEGRATED USE OF SECONDARY MILK RESOURCES

Abstract. The paper shows that the production of functional food products is an urgent task for the modern food industry. Recipe and technologies of functional pumpkin milk dessert from secondary dairy raw material-milk whey are investigated. With the purpose of improvement of organoleptic characteristics and giving therapeutic and preventive effect the experimental samples of dairy dessert with the use of pumpkin are developed. To give jelly functional properties in the development of dairy dessert as a sugar substitute used steviol glycoside E960 – stevia extract. On the basis of the research results the optimal concentrations of the introduced structuring agents were determined, recipes and technology of preparation of functional dairy dessert were developed, the energy value was determined. It is established that the use of pumpkin filler allows to increase the biological value of desserts due to the rich vitamin composition, flavonoids, macro- and microelements and biologically active substances. To create polycomponent functional products of a balanced composition, the prospect of combined use of secondary milk raw materials with components of plant origin has been established.

Keywords: milk, whey, functional desserts, pumpkin, vitamins, quality indicators.

References

1. Seydumanova, M. Food industry: development prospects [Electronic resource]. - Access mode: https://foodexpo.kz/ru/press-tsentr/novosti/82-2. [in Russian].
2. Fayed A, Abo El-Naga M, Khallaf M, Eid M. Value addition to frozen desserts through incorporation of pumpkin solids and uf milk permeate //Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 28(3). – P. 857-70.
3. Arsen'yeva, T.P. Bezotkhodnyye tekhnologii otrasli [Waste-free technologies of the industry]: textbook. – method. Manual. – St. Petersburg: ITMO University, 2016. – 55 p. [in Russian].
4. Jarret W. Reviev of important trace elements in dairy products //Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 75. – R. 181-193.
5. [?] Funktsional'noye pitaniye – obshchaya problema «zdorovogo obraza zhizni» naseleniya gosudarstv Yevrazii: nauchnyye stat'i KH Yevraziyskogo nauchnogo foruma [Functional nutrition – a common problem of a “healthy lifestyle” of the population of the Eurasian states: scientific articles of the 10th Eurasian Scientific Forum]: collection. – St. Petersburg: University under the IPA EurAsEC, 2019. – 189 p. [in Russian].
6. Dydykin A., Aslanova M. Funktsional'noye pitaniye – novaya kontseptsiya zdorovogo obraza zhizni [Functional nutrition – a new concept of a healthy lifestyle] //Agrotechnics and technologies. – 2016. – No. 3. [in Russian].
7. Karpova G.V., Studyannikova M.A. Obshchiye printsipy funktsional'nogo pitaniya i metodov issledovaniya svoystv syr'ya produktov pitaniya [General principles of functional nutrition and methods for studying the properties of raw materials of food products]: a textbook for students. Part. 2. – Orenburg: University, 2020. – 135 p. [in Russian].
8. Nepovinnykh, N.V. Pishchevyye volokna: funktsional'no-tekhnologicheskiye svoystva i primeneniye v tekhnologiyakh produktov pitaniya na osnove molochnoy syvorotki [Dietary fiber: functional and technological properties and application in technologies of food products based on milk whey]: monograph. – Moscow: INFRA-M, 2019. – 641 p. [in Russian].

9. Szydłowska A, Zielińska D, Kołożyn-Krajewska D. Effect of Pumpkin Cultivar on the Selected Quality Parameters of Functional Non-Dairy Frozen Desserts //Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12(16). – P. 8063.
10. Shvanskaya, I.A. Perspektivnyye napravleniya sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya na osnove rastitel'nogo syr'ya: nauch. analit. obzor [Promising directions for the creation of functional products based on plant raw materials: scientific. analytical review]. – Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022. – 184 p. [in Russian].
11. Gupta E., Purwar S., Sundaram S., Rai G.K. Nutritional and therapeutic values of Stevia rebaudiana: A review //Journal of Medicinal Plants Research. – 2013. – Vol. 7(46). – P. 3343-3353.
12. Gasmalla M.A.A., Yang R., Hua X. Stevia rebaudiana Bertoni: an alternative sugar replacer and its application in food industry //Food Engineering Reviews. – 2014. – Vol. 6(4). – P. 150-162.
13. Kobus-Moryson M., Gramza-Michałowska A. Directions on the use of stevia leaves (Stevia rebauidana) as an additive in food products //Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2015. – Vol. 14(1). – P. 5-13.
14. Marcinek K., Krejpcio Z. Stevia rebaudiana Bertoni: health promoting properties and therapeutic applications //Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. – 2016. – Vol. 11(1). – P. 3-8.
15. Vinogradova A.A., Mel'kina G.M., Fomicheva L.A. et al. Laboratornyy praktikum po obshchey tekhnologii pishchevykh proizvodstv [Laboratory practical training on general technology of food production] / edited by L.P. Kovalskaya. – Moscow: Agropromizdat, 2021. – 335 p. [in Russian].
16. Kizatova M.ZH., Azimova S.T., Admayev A.M., Toktamysova A.B. Voprosy ispol'zovaniya rekomendovannykh v Respublike Kazakhstan sortov tykvy dlya proizvodstva pektina [Issues of using pumpkin varieties recommended in the Republic of Kazakhstan for pectin production] // Universum: Technical sciences. – 2015. – No. 1 (14). [in Russian].

IRSTI 65.51.03

A.T. Kazhymurat[1] – *main author*, ©
D.R. Dautkanova[2]

[1]*PhD*, [2]*Doctor of Technical Sciences*
ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-5359-5528* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9766-9039*
[1,2]*Almaty Technological University,*
Almaty, Kazakhstan
@ [1]*assemay2006.87@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ZOUS4030

BEVERAGE WITH COLLAGEN HYDROLYZATE

Abstract. This article explores the development of a technology for producing dry drinks based on collagen hydrolysate. It covers the selection of components for these drinks, the creation of prototypes, and the determination of their qualitative characteristics.

Collagen hydrolysate was chosen as the primary ingredient, with strawberries and raspberries serving as auxiliary raw materials. These raw materials met the requirements of current regulatory documentation, hygienic standards for food safety and nutritional value, and relevant legal regulations, all supported by documentation certifying their safety and quality. The ratios of the components for the dry drinks were determined empirically. Through experimental tests, the optimal ratios were identified, enabling the development of formulations for the dry drinks.

Keywords: collagen hydrolyzate, dry drink, vegetable raw materials.

Kazhymurat A.T., Dautkanova D.R. Beverage with collagen hydrolyzate //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.96-102. https://doi.org/10.55956/ZOUS4030

Introduction. Nutrition performs the most important biological function that implements the connection of a person with the external environment through the digestive tract and has a decisive influence on health, performance, resistance of the body to the effects of environmentally harmful factors of nature and the environment. In this regard, the problem of nutrition has always been and remains extremely relevant.

However, recently in many countries of the world, the structure of nutrition has deteriorated significantly, mainly due to a decrease in the consumption of the main food groups – sources of biologically complete and active substances. The norms of a complete protein are satisfied by only a little more than 70%, 90% of the studied residents were found to be deficient in vitamin C, 30-40% – vitamins of group B, P – carotene, vitamin E [1].

Global pollution of the surface of waters and land, local radioactive contamination lead to the saturation of food with toxic elements, antibiotics, pesticides, radionuclides. Consumption of contaminated products weakens the body's defenses, primarily reducing the antitoxic function of many important organs [2].

Solving the problems of healthy and corrective nutrition is associated with many tasks, primarily with complex studies of the chemical composition, nutritional and biological value of food products, the development of principles and ways of enriching food products with micronutrients, dietary fiber, probiotics and other important components, the creation of products of a given chemical composition (functional products); development of specialized food products, including for enteral, medical, sports nutrition [3]. When solving the problem, an important role is given to drinks based on natural raw materials, which satisfy the body's needs for fluid, make up for the deficiency of vital nutrients, and act as an effective tool for the prevention of common alimentary-dependent diseases. Drinks are also an excellent basis for artificial enrichment with vitamins, microelements, dietary fiber, proteins, amino acids and other natural substances and can be used to provide the human body with micronutrients [4].

Progressive technologies for processing vegetable raw materials make it possible to obtain concentrated bases (extracts and juices), on the basis of which various types of carbohydrate-containing drinks are produced. Protein-containing drinks are produced mainly on the basis of raw materials from the dairy industry and are represented by milk and products of its processing. At the same time, the assortment of such drinks is still insufficient, and the natural local resources remain in little demand or insufficiently unclaimed. There are especially few developments in the field of rational and targeted use of protein-rich secondary resources of the meat processing industry, as well as liquid protein hydrolysates enriched with biologically active substances.

As you know, for the normal and versatile functioning of the body, nutrients are needed: proteins, fats, carbohydrates, vitamins, minerals, water in certain dosed quantities and certain ratios in accordance with gender, age, physiological status, professional activity, and living conditions [5].

Regardless of the source, the main requirement for food products is their safety and nutritional value. Nutritional value is the properties of a food product that can satisfy the physiological norms of a person with normal metabolism. It consists of the nutritional properties of nutrients and their digestibility. In turn, the nutritional properties of the constituent parts of food depend on their energy and biological properties. Nutritional value in products is determined in practice by calculating the percentage of compliance of each of the most important components of products with a balanced nutrition formula. Among nutrients, the most important role is given to proteins in connection with their plastic function. In fact, it is difficult to imagine any act of life without proteins. Suffice it to say that the genetic code of an organism is realized through the synthesis of specific proteins [6].

Proteins are biological catalysts for all processes in the body, and finally, the person himself is a macroprotein body, since its dry matter consists mostly of protein, forming almost all organs, tissues, and communication systems. In practice, proteins themselves are not indispensable components; information about the presence of certain essential amino acids in them is important, which determines the quality of a protein that contains the entire set of essential components in the required ratios. Among natural proteins, animal proteins contained in milk, meat, fish, and eggs are closest to it. Plants are significantly inferior to them [7]. A deficiency of at least one of the essential amino acids causes serious pathologies associated with mental and physical fatigue, and long-term diets lead to death [8]. Therefore, in ensuring a healthy diet, the search for substitutes is an urgent task.

Materials and methods. The following methods were used to determine the total chemical composition of raw materials, semi-finished products and finished beverages:

– Physical and chemical indicators of liquid drinks according to GOST 28188-89 "Non-alcoholic drinks", general specifications [9].

– Protein content – by the Kjeldahl method and by Lowry.

– Determination of amine nitrogen – by the method of formol titration.

– Active acidity was determined potentiometrically on pH meter RN121.

– Syrup color – spectrophotometrically.

– To determine the titratable acidity, the samples were titrated with 0.1 N NaOH solution until 4 drops of the sample, when mixed with 2 drops of red phenolphthalein, ceased to discolor it.

– Microbiological indicators were monitored using an MBI-3 microscope in accordance with the methods described in the "Instructions for the sanitary and microbiological control of brewing and non-alcoholic production" IK 10-04-06-140-87 and "Instructions for microbiological control of the production of highly resistant non-alcoholic beverages" IK 10-5031536-105-91. Microbiological studies were carried out according to SanPiN 2.3.2.1078-01 "Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products" [10].

Collagen hydrolysate from horse tendons obtained by enzymatic method and freeze-dried was used in the work.

Research results. The purpose of our research is to develop a technology for producing dry drinks based on collagen hydrolyzate.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

– selection of components for obtaining dry drinks based on collagen raw materials;

– obtaining prototypes;

– determination of qualitative characteristics (organoleptic, physicochemical, microbiological and safety indicators) of the obtained dry drinks.

To obtain dry drinks, collagen hydrolyzate was chosen as a base, the flavor of hydrolysates is itself neutral, perfectly combined with various herbal supplements: fruits, berries, flowers, leaves, rhizomes, medicinal plants, etc. In connection with the foregoing, as an auxiliary raw material in the production of dry drinks based on collagen hydrolyzate, we have chosen strawberries and raspberries

The above raw materials used to produce dry drinks met the requirements of the current regulatory documentation, hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products and the requirements established by regulatory legal acts and was accompanied by documentation certifying its safety and quality.

The ratio of the components of dry drinks was selected empirically, and as a result of the experimental tests, the optimal ratios were determined, which made it possible to develop formulations of dry drinks.

Discussion. The optimal ratio of components of dry drinks provides a tonic and restorative effect of the resulting product, and the synergistic effect and combination of components made it possible to increase the biological value of the product due to the content of a large number of bnlks, macro- and microelements, vitamins, fats, carbohydrates, which play an important role in human life, and also to give the product an attractive appearance and natural taste, smell and aroma of the feedstock.

Organoleptic characteristics of some types of obtained dry drinks are given in Table 1.

Table 1

Evaluation of the organoleptic characteristics of a collagen drink with strawberry and raspberry flavor

Name	Description
Appearance	Powder
Color	White pink
Taste and smell	Has a fruity aroma of strawberry and raspberry

As a result of the research, a product with high organoleptic characteristics was obtained: natural color, taste and smell, characteristic of the type of plant material used.

The microbiological, physicochemical and safety indicators of the developed dry drinks were also determined. The results were compared with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union, which entered into force on July 1, 2013 (Tables 2, 3) and found that the resulting dry drinks fully meet the hygienic requirements of food safety and comply with international standards.

Table 2

Physical and chemical parameters and nutritional value of a drink with collagen hydrolyzate

Name	Indicators	Norm according to GOST 36621-2019
Moisture content, %	6.4	7.5 no more
Protein content in dry matter, %	72.3	50.0-80
Mass fraction of fat, %	12.4	No more than 20 will include
Mass fraction of carbohydrates, %	8.9	No more than 10
Solubility index, cm^3	4.00	4.00

Table 3

Microbiological parameters of the drink with collagen hydrolyzate

Name	According to TR TS 21/2011 “Food Safety”	Indicator value
Pathogenic microorganisms, including salmonella 25 cm	-	Not found
In the mass of the product (g) there should be no Escherichia coli	5	Not found
In the mass of the product (g) there should be no sulfite-reducing clostridia	1	Not found
Yeast, PFC/g, not high	50	Not found
Mold CFP/g, not higher	10	Not found
Number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, p/g, not higher	5×10^4	1

The conducted research on the production of dry drinks and the high quality characteristics of the final product made it possible to develop a technology for the production of dry drinks. The technological process meets the safety requirements in accordance with GOST 12.3.002, and the equipment used meets the requirements of GOST 12.2.003 and the rules for safety and industrial sanitation for food industry enterprises. The developed technology for obtaining dry drinks provides for mixing fruits, berries, collagen hydrolyzate according to the recipe, packing and packaging. The resulting dry drinks have a balanced composition that

favorably affects the functioning of the vital systems of the body, correcting and normalizing their work.

The composition of the obtained dry drinks includes a large amount of proteins, vitamins, biologically active substances, macro- and microelements necessary for the body, which provides a general strengthening effect. Since the drink does not contain caffeine, it is perfect for frequent use, providing a tonic effect, as well as an effect due to the properties of the components used.

Safety studies were also carried out in accordance with the Technical Regulations of the Customs Union TR TS 021/2011 "On Food Safety" (Table 4).

Table 4

The amount of toxic elements in a drink with collagen hydrolysis

Name	Norm according to the technical regulation of the Customs Union TR TS 021/2011 "On food safety of products", mg/kg, not higher	Index
Lead	5.0	Not found
arsenic	3.0	Not found
Cadmium	1.0	Not found
Mercury	1.0	Not found
HCG pesticides (α, β, γ and isomers)	0.1	Not found

Dry drinks are stored in rooms protected from direct sunlight at a temperature not exceeding 20℃ and relative humidity in the room not exceeding 70% for two years, without losing their quality characteristics. Thus, as a result of the experimental studies, dry drinks were obtained, which made it possible to significantly expand the range of food products in this group.

Conclusion. Qualitative characteristics (organoleptic, physico-chemical, microbiological indicators and safety indicators) of the resulting dry drinks were determined and it was found that the product has high quality characteristics that meet international requirements for food products in accordance with the Technical Regulations of the Customs Union TR TS 021/2011 "On food safety products".

Studies have shown that a collagen drink can make up for the lack of protein in the diet. Also, the body will compensate for the lack of protein due to collagen in order to support the functioning of vital body systems, for example, the musculoskeletal system. A powdered drink is convenient to consume throughout the day

References

1. Yeliseyeva L.G., Gribova N.A., Berketova L.V., Kryukova Ye.V. Analiz sovremennykh tendentsiy v oblasti proizvodstva produktov pitaniya dlya lyudey, vedushchikh aktivnyy obraz zhizni [Analysis of modern trends in the field of food production for people leading an active lifestyle], Part 2 //Pishchevaya promyshlennost' [Food industry]. – 2017. – No. 2. – P. 11-15. [in Russian].
2. Blatt A.D., Roe L.S., Rolls B.J. Increasing the protein content of meals and its effect on daily energy intake //Journal of the American Dietetic Association. – 2011. – Vol. 111. – No. 2. – P. 290-294.
3. Hu F.B. Protein, body weight, and cardiovascular health // The American journal of clinical nutrition. – 2005. – Vol. 82. – No. 1. – P. 242-247.
4. Leidy H.J., Clifton P.M., Astrup A. The role of protein in weight loss and maintenance //The American journal of clinical nutrition. – 2015. – Vol. 101. – P. 1320-1329.

5. Vasdev S., Stuckless J. Antihypertensive effects of dietary protein and its mechanism //International Journal of Angiology. – 2010. – Vol. 19. – P. 7-20.
6. Tutel'yan V.A., Smirnova Ye.A. Rol' pishchevykh mikroingrediyentov v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya [The role of food microingredients in the creation of modern food products] // Collection of articles "Pishchevyye ingrediyenty v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya" ["Food ingredients in the creation of modern food products"].–Moscow: DeLi. – 2014. – P. 10-24. [in Russian].
7. Chelnakova, N.G., Poznyakovskiy, V.M. Pitaniye i zdorov'ye sovremennogo cheloveka [Nutrition and health of modern man]. – Publishing house "Old Russians", 2015. – 224 p. [in Russian].
8. Leidy H.J. et al. The influence of higher protein intake and greater eating frequency on appetite control in overweight and obese men //Obesity. – 2010. – Vol. 18. – No. 9. – P. 1725-1732.
9. GOST 28188-89 Напитки безалкогольные. Общие технические условия [Non-alcoholic drinks. General specifications]. – Introduced 01.07.1991. – Moscow: Standartinform, 2007. – 8 p. [in Russian].
10. SANPIN 2.3.2.1078-01 Gigiyenicheskiye trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov [Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products]. – Introduced 01.09.2002. – Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2004. – 34 p. [in Russian].

Research were conducted as part of the project IRN AP22686505 on the topic "Development of functional instant drinks technology".

Material received on 13.09.24.

А.Т. Қажымұрат[1], Д.Р. Даутканова[1]

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

КОЛЛАГЕН ГИДРОЛИЗАТЫ СУСЫНЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада коллаген гидролизатына негізделген құрғақ сусындарды өндіру технологиясының дамуы зерттелді. Коллаген шикізаты негізінде құрғақ сусындарды алу үшін компоненттерді таңдау, тәжірибелік үлгілерді алу, алынған құрғақ сусындардың сапалық сипаттамаларын анықтау қарастырылды. Құрғақ сусындарды алу үшін коллаген гидролизаты таңдалды, ал коллаген гидролизаты негізінде құрғақ сусындарды өндіру үшін көмекші шикізат ретінде құлпынай мен таңқурай таңдалды. Құрғақ сусындарды өндіру үшін пайдаланылған жоғарыда аталған шикізат қолданыстағы нормативтік құжаттаманың талаптарына, тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі мен тағамдық құндылығына қойылатын гигиеналық талаптарға және нормативтік құқықтық актілерде белгіленген талаптарға сай болды және оның қауіпсіздігі мен сапасын куәландыратын құжаттамамен бірге жеткізілді.

Құрғақ сусындардың құрамдас бөліктерінің арақатынастары анықталды, олар эмпирикалық жолмен таңдалды және тәжірибелік сынақтардың нәтижесінде құрғақ сусындардың рецептураларын жасауға мүмкіндік беретін оңтайлы арақатынастар анықталды.

Тірек сөздер: коллаген гидролизаты, құрғақ сусын, өсімдік шикізаты.

А.Т. Кажымурат[1], Д.Р. Даутканова[1]

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

НАПИТОК С ГИДРОЛИЗАТОМ КОЛЛАГЕНА

Аннотация. В данной статье рассмотрена разработка технологии производства сухих напитков на основе гидролизата коллагена. Рассмотрены вопросы выбора компонентов для получения сухих напитков на основе коллагенового сырья, получения опытных образцов и определения качественных характеристик полученных сухих напитков. Для получения сухих напитков выбран гидролизат коллагена, а в качестве вспомогательного сырья для производства сухих напитков на основе гидролизата коллагена выбраны ягоды клубники и малины. Вышеуказанное сырье, используемое для производства сухих напитков, соответствовало требованиям действующей нормативной документации, гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов и требованиям, установленным нормативными правовыми актами, и сопровождалось документацией, удостоверяющей его безопасность и качество.

Определены соотношения компонентов сухих напитков, они подобраны опытным путем, в результате экспериментальных испытаний определены оптимальные соотношения, что позволило разработать рецептуры сухих напитков.кста аннотации должен быть идентичным аннотации, приведенным в начале статьи.

Ключевые слова: гидролизат коллагена, сухой напиток, растительное сырье.

IRSTI 34.33.02: 65.31.29

M.M. Patsayev[1] – *main author*,
A.B. Ospanov[2], N.N. Yanvareva[3],
V.I. Sidorova[4], M.Zh. Bektursunova[5]

[1]*PhD student*, [2]*Doctor of Technical Sciences, Professor*, [3,4]*Leading Researcher*, [5]*PhD, Senior Researcher*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-1071-064X* [2]*https://orcid.org/0000-0003-2396-3419*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-8393-7947* [4]*https://orcid.org/0000-0001-6244-0691*
[5]*https://orcid.org/0000-0002-5105-4864*

[1,2,3,4,5]*Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry*,
Almaty, Kazakhstan

@ [1]*magzam-97@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/DTNV4732

PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF DOMESTIC FEED FOR SERVICE PUPPIES

Abstract. Scientific research and the development of domestic technology for the production of extruded dry feeds for non-productive animals (service puppies) have been conducted. These feeds are designed for complete nutrition from the age of two months. This advancement is expected to reduce the import of equivalent products, enhance the production capabilities of the domestic feed industry, improve environmental conditions, and generate additional revenue. Based on the review of scientific and technical documentation, GOST standards, literature sources and existing physical and chemical specifications for imported foods, the nutritional value of food for puppies of service dogs was determined. The scientific literature review on the subject revealed that the extrusion process of multicomponent food mixtures is not yet adequately investigated. Considering the need of dog puppies in nutrients, metabolic energy, two formulations of complete foods have been designed. The formulations were mainly based on domestically produced ingredients. A comparison of the feeding value of the developed complete feeds with imported foods currently available in the market has been presented. An experiment has been done with puppies fed with the developed foods. Throughout the experiment, each group of puppies was weighed regularly, examined medically, and monitored for physical development, activity, and general health. Thus, the experiment involving puppies in a service dog breeding facility is a landmark study with the potential to make a major contribution to the understanding of optimal nutritional and care strategies for young dogs.

Keywords: dry mixed feeds, extruding, protein, fat, quality, metabolic energy, technological parameters.

Patsayev M.M., Ospanov A.B., Yanvareva N.N., Sidorova V.I., Bektursunova M.Zh. Prospects for the production of domestic feed for service puppies //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.103-115. https://doi.org/10.55956/DTNV4732

Introduction. Service breeds comprise the groups of guard, search, sled and sporting dogs. Service dogs stand out from domestic dogs by their endurance, keen

sense of smell, well-developed intuition, balanced behavior, and bravery. Shepherds are the largest group in the service breed category.

Animal business in Kazakhstan is merely at the beginning of its journey. Producing domestically extruded feed for service puppies will enable a more rational use of material resources from non-food raw materials of processing enterprises. The lack of domestic scientific research in the field of dog food production has resulted in the Kazakhstani market being predominantly occupied by products from foreign manufacturers. Currently, foreign companies offer a wide variety of complete and balanced dry dog foods. A whole range of feeds for non-productive animals has been developed over many years in leading research centers in the US, Canada, Europe, China, Japan, and Russia. However, there is a notable scarcity of scientific literature focused on the optimal extrusion parameters for formulating feed for non-productive animals. This may be attributed to the fact that research in this field is most often funded by foreign feed manufacturers who are not inclined to disclose their findings. This creates significant obstacles for Kazakhstani scientists and technologists who wish to study the process of preparing extruded feed, which has not previously been produced in our country.

Foreign manufacturers supply dog feed produced through the extrusion method. At present, a significant number of plant and animal components utilized in feed for non-productive animals are subjected to extrusion. This technology is becoming increasingly popular for pelleted feed, where pre-processed ingredients are blended to produce pellets with desired characteristics such as size and porosity. The primary advantage of extrusion lies in its ability to alter the structure, physical properties, and nutritional value of the raw materials during the process. By adjusting the parameters of the technological process, the properties of the final feed can be extensively modified [1]. Despite the numerous scientific studies focused on the extrusion of single raw materials, research on mixtures of two components is comparatively scarce. The extrusion process of multi-component mixtures, such as dog food, remains insufficiently studied. Therefore, the established patterns of this process require further development, especially considering the incorporation of new, non-traditional components such as hydrolysates, insect flour, and others [2].

Given that animal protein predominates in the natural diet of dogs, comprising up to 70% or more, there is a significant need for animal protein in the diet of service dogs [3].

Feeds based on animal raw materials (such as blood meal, fish meal, meat-and-bone meal, krill meal, and other similar ingredients) are distinguished by their high protein content. Extrusion has a profound impact on the properties and structure of protein, as well as its interactions with other components. Research by T.A. Samuelsen underscores the importance of fish meal quality in producing high-quality extruded aquafeed. According to him, the use of finely ground fish meal with a fibrous structure enhances the efficiency of the extrusion process and improves the quality of the feed pellets [4].

In contrast, plant-based feeds are characterized by high levels of carbohydrates, including starch, dietary fibers, and sugars. This significantly impacts the extrusion process, as the structural changes in starch during extrusion enhance the expansion of the extrudate and improve its digestibility. Process temperature and moisture content of the raw materials are key parameters that determine the transformation of starch during extrusion [5].

However, scientific publications regarding the extrusion process of mixtures of plant and animal raw materials for dog food are virtually nonexistent. This

indicates that the optimal parameters for the extrusion of such mixtures, as well as their effects on the properties of the final products, are still inadequately explored. The topic of extrusion for service dog feed holds promising potential but requires further investigation to establish the general process parameters and their impact on the quality of the final product. The limited literature on the formulation of extruded feed for service puppies highlights the need for further research in this area.

The study was aimed at evaluating the physiological and economic efficacy of the extruded feed for service puppies developed in Kazakhstan.

Materials and methods. The study material comprised complete feed formulations for service puppies. The formulations for service puppies were developed in the Laboratory of Grain Products and Feed Technology at Kazakhstan Research Institute of Processing and Food Industry in 2023. A trial batch of the feed was produced at the ROYAL PETS plant, located in the Almaty region. The feed was produced utilizing the extrusion method. The quality parameters of the feed were determined using an infrared analyzer (Ekan LLC, INFRASCAN-3150) and moisture content was measured with an EVLAS-2M device. The quality parameters of the produced feed were assessed based on levels of protein, fat, fiber, nitrogen-free extractives (NFE), energy value, and the quantitative content of amino acids, which were determined using a calculation method and reference materials. The technological parameters of the produced trial batches of feed were determined according to the current GOST R 59369-2021, GOST R 55453-2022 standards.

Research results and discussion. A market survey of raw materials was conducted. The market features domestically available high-protein components, including corn gluten, wheat gluten, melange, and skim milk powder. Unfortunately, fish meal and meat-and-bone meal exhibit elevated levels of ash and fat, coupled with relatively low protein content. Cereals and their processed by-products are abundantly available.

The vitality and performance of service dogs are significantly influenced by their proper feeding, which involves a structured feeding regimen with diets that are complete and balanced according to physiologically justified nutrient requirements. Optimal nutrition is crucial for dogs. It depends on factors such as breed, body weight, age, physiological condition, and health. Most commercial dog foods differ significantly in nutritional characteristics from the traditionally natural diet of dogs.

Many researchers assert that it is advisable to feed high-breed-value service puppies exclusively with super-premium and premium class foods, excluding economy class options. For puppies aged 2 to 6 months, it is recommended to use feeds specifically formulated for their developmental stage [6].

The overall nutritional requirement for service dogs is determined by the energy value of the feed (expressed in kcal/100 g) and the total amount of organic matter. The energy requirement level depends on factors such as body weight, age, condition of the animal, ambient temperature, coat condition, level of physical activity (including the work performed by service dogs), and other variables. As body weight increases, the energy expenditure per unit of weight decreases. Smaller dogs have a more intensive energy metabolism compared to larger dogs. When ambient temperature decreases, heat production in the body increases. In summer, the daily energy requirement decreases by approximately 15%. As body size increases, so does the energy requirement.

Diets for dogs must meet their requirements not only for energy but also for essential nutrients, including proteins (especially high-quality, animal-based proteins), fats, carbohydrates, minerals, and vitamins [7].

Proteins play a crucial role in nutrition, and their biological value for dogs can vary. Only specific proteins are broken down into amino acids essential for muscle growth. These proteins are referred to as complete proteins. They are primarily found in animal-based products such as meat, fish, dairy products, eggs, blood, and others. Plant-based feeds typically contain incomplete proteins.

In evaluating proteins, it is essential to consider not only their quantity but also their quality and digestibility. For instance, chicken and turkey protein is digestible at 90-98%, horse meat protein at 86%, beef protein at 77%, while pork and lamb proteins are digestible at 66-68%. The completeness of proteins is determined by their amino acid profile, especially the presence of essential amino acids such as lysine, tryptophan and methionine. These amino acids must be obtained through the diet, as the body cannot synthesize them. Dietary deficiencies of these amino acids results in protein metabolism disorders [8].

Lysine is essential for dogs to synthesize tissue proteins and also serves a key role in the production of sperm, creatine, and insulin. Histidine is involved in energy metabolism and is required for the synthesis of hemoglobin, red blood cells, and some muscle proteins. Phenylalanine and tryptophan affect digestive enzymes, cellular oxidizing enzymes, and certain hormones. Tryptophan is also crucial for the renewal of blood plasma proteins. Cystine promotes insulin activation and, together with tryptophan, is involved in the synthesis of bile acids, which are essential for the absorption of nutrients in the intestine. Methionine is vital for the synthesis of choline, creatinine, adrenaline, niacin and other substances, and also has a major role in the body's fat metabolism. Methionine and cystine are part of the coat and promote its growth.

Adult dogs fed meat by-products and plant foods are often deficient in lysine, methionine, and tryptophan, while methionine and cystine may be deficient in puppies. If the diet lacks essential amino acids, the amount of protein should be increased or synthetic amino acids should be added up to the normal amount. When there is an excess of amino acids, the amount of protein from animal foods should be reduced. The coefficient of digestible protein utilization helps determine its completeness. A deficiency of proteins in the diet can result in stunted growth and development of puppies, reproductive issues, impaired nutrient absorption, reduced milk production, slow growth of coat and nails, and decreased disease resistance. Enzymatic function of the liver and hemoglobin levels in the blood may also decrease. Protein deficiency leads to a decreased proportion of urea in the urine, and amine nitrogen is excreted with the urine due to a lack of enzymes to digest it. Excessive protein can overload the liver and kidneys with its breakdown products, lead to putrefactive processes in the intestines, and disrupt the body's acid-base balance. Therefore, a key principle in organizing a balanced protein diet for dogs is the careful selection and proportioning of components in the diet to meet the physiological needs of service dogs.

Adult dogs optimally require approximately 4.5 grams of protein per kilogram of body weight, while growing puppies need about 9.0 grams per kilogram of body weight. The critical requirement for essential amino acids is approximately 60 mg of lysine, 70 mg of methionine, and 15 mg of tryptophan per kilogram of body weight for adult dogs; and approximately 210 mg of lysine, 190 mg of methionine, and 60 mg of tryptophan per kilogram of body weight for puppies. For service dogs with moderate physical activity, the protein requirement

increases by approximately 30%, with at least one-third of the protein coming from animal-based sources.

Carbohydrates (sugar, starch, fiber, and others) provide the main source of energy for dogs. Fiber also plays a crucial role in forming fecal mass and stimulating intestinal peristalsis. Plant-based feeds serve as the primary source of fiber for dogs. The optimal carbohydrate requirement for adult dogs is 10 grams per kilogram of body weight, including 1 gram of fiber; for puppies, it is 15.8 grams per kilogram of body weight, with 1.5 grams of fiber included. The carbohydrate requirement for adult dogs depends on the fat content in their diet: the lower the fat content, the higher the carbohydrate intake needed. In summer, carbohydrates can partially replace fats. Excessive sugar and starch in the diet can lead to obesity [9].

Fats are crucial for dogs as they provide essential fatty acids and have high caloric density. The optimal lipid requirement is 1.32 grams per kilogram of body weight for adult dogs and 2.64 grams per kilogram for puppies. A deficiency of fat in the diet can lead to stunted growth, reproductive issues, vitamin deficiencies, and skin disorders such as dermatitis, hyperkeratosis, scaling, and coat depigmentation. Excessive fat intake can also be detrimental.

The diet of dogs must include vitamins A, D, E, K, B complex, and others. Vitamin deficiencies can lead to serious conditions known as hypovitaminoses. A deficiency of vitamin A can lead to impaired vision, reproductive issues, stunted growth in puppies, and decreased disease resistance. Vitamin A is found in sources such as milk, fish oil, and liver, whereas provitamin A (carotene) is found in plant-based feeds, including carrots and leafy greens. Deficiency of vitamin D leads to rickets in puppies and osteomalacia in adult dogs. Vitamin D is found in fish oil and liver. Deficiency of vitamin E can result in reproductive issues and infertility. Sources of vitamin E include vegetables, leafy greens, and sprouted grains. Vitamin K deficiency can lead to subcutaneous hemorrhages. Vitamin K is found in cabbage, spinach, pumpkin, and tomatoes. Vitamin C protects against scurvy. Sources of vitamin C include vegetables and sauerkraut, as well as scalded nettles. B vitamin deficiencies cause muscle weakness, coordination disorders, paralysis, seizures, coat loss and depigmentation, dermatitis, and other problems. B vitamins are found in yeast, liver, cottage cheese, milk, potatoes and cauliflower [10].

Minerals include phosphorus, calcium, sodium, magnesium, potassium, chlorine, iron, zinc, copper, cobalt, iodine and manganese. Calcium and phosphorus deficiencies cause rickets in puppies and brittle bones in adult dogs. Deficiencies of sodium and chlorine (salt) lead to loss of appetite and decreased secretion of gastric juice. The salt requirement is 375 mg for adult dogs and 530 mg for puppies per 1 kg of body weight. Deficiencies of potassium and magnesium lead to hyperexcitability and cardiac dysfunction. Hemoglobin requires iron, copper, and cobalt to be present for its formation. Zinc deficiency slows growth, disrupts puberty and causes dermatitis. Iodine deficiency causes goiter disease. Commercial dog foods are formulated according to standards and contain the requisite amounts of nutrients, minerals, and vitamins [11].

Based on the optimal vitamin and mineral macro- and micronutrient requirements necessary for maintaining health and normal physiological functions, premixes have been developed. Premixes are added to animal feed to enhance its nutritional balance and improve nutrient digestibility (Table 1).

Table 1

Premixes for service puppies per 1 tonne

Name	Unit	Puppies
Vitamin A (retinol)	IU (mln)	800
Vitamin D3 (calciferol)	IU (mln)	300
Vitamin E (tocopherol)	IU (mln)	850
Vitamin B1 (thiamine)	g	280
Vitamin B2 (riboflavin)	g	900
Vitamin B3 (pantothenic acid)	g	230
Vitamin B4 (choline)	g	410
Vitamin B5 (calcium pantothenate)	g	270
Vitamin B6 (pyridoxin)	g	25
Vitamin B12 (cobalamin)	g	9
Vitamin B9 (folic acid)	g	150
Vitamin B7 (biotin)	g	25
Vitamin C (ascorbic acid)	g	2000
Zinc sulphate	g	1350
Copper sulphide	g	780
Iron sulphide	g	1500
Manganese sulphate	g	250
Potassium iodide	g	190
Cobalt chloride	g	110
Sodium selenite	g	20
Magnesium sulphate	g	250

Dogs are provided with feed products as part of a diet designed to fully meet their needs for energy, proteins, carbohydrates, fats, minerals, and vitamins, taking into account their breed, sex, age, and physiological condition. Diets are formulated from a variety of feed products that align with the natural preferences and tastes of dogs. Each type of feed is included in the diet in optimal quantities to avoid any potential adverse effects on the animal's health. Diets include a variety of feed types, which may be more appealing to dogs, including by-products from the meat, dairy, fish, and food industries. The proper combination of these feed products ensures a complete and balanced diet for dogs.

The foundation of a dog's diet should be proteins, primarily of animal origin. Proteins found in muscle tissue (meat) and by-products are absorbed by the body at a rate of 90-95%, whereas plant-based proteins are absorbed at only 40-60%. Furthermore, the absorption of plant-based protein is only possible after processing, which breaks down the cell walls of the plant materials. The dog's body is unable to extract nutrients from plant-based food due to the complete absence of enzymes required to break down fiber. An excess of poorly digestible plant-based products in the diet can lead to fermentation and putrefaction processes in the stomach. As a result, the mucous membranes become inflamed, beneficial microflora is destroyed, and conditions become favorable for the proliferation of parasites. Chronic protein deficiency in the diet leads not only to wasting and muscle dystrophy but also to other severe health issues. The immune system weakens, and disruptions occur in the function of endocrine glands.

Based on the review of scientific and technical documentation, GOST standards, literature sources and existing physical and chemical specifications for imported foods, the nutritional value of food for puppies of service dogs was determined (Table 2). The nutritional needs of puppies and adult dogs differ significantly.

Table 2

Established nutritional requirements for service puppies

Parameter name, %	Compound feed for:	
	puppies 2 to 4 months	puppies 4 to 6 months
Protein content	28-30	27-29
Fat content	18-19	16-17
Fiber content	1.1-1.3	1.5-2.5
Ash content, NMT	10	10
Calcium content	1.2-1.6	0.6-1.1
Phosphorus content	1.2-1.7	0.6-1.5
Sodium content, at least	0.3	0.45
Chlorides, NMT	0.3	0.45
Lysine, at least	1.5-1.7	1.5-1.7
Methionine+cystine, at least	0.7	0.7
Tryptophan, at least	0.2	0.2
Gross energy, kcal/100g	At least 450	

In developing the formulations for service dog feed, numerous important factors were considered. The primary objective was to ensure the maximum enrichment of complete dry feeds with proteins, fats, amino acids, vitamins, and minerals. This approach enabled the achievement of optimal physiological nutritional standards and the creation of a balanced feed with high digestibility.

The feasibility of incorporating plant-based protein products into dry feeds depends on the content of digestible protein. Therefore, assessing digestibility is the first step in determining the potential of the food ingredient under investigation. Assessing feed digestibility is crucial both for research on nutrient requirements and for developing more cost-effective formulations. Feeds are assessed from both a biological perspective, where the pellets can be consumed by dogs with minimal energy expenditure, and a physiological perspective, where the feed is acceptable in taste and smell, is easily digestible, and possesses high nutritional value, meeting the body's energy and structural needs.

Considering that dry feeds for service dogs are produced from raw materials such as meat and bone meal and chicken mince, there are certain limitations on their use from both an environmental and economic perspective due to high costs and availability constraints. As a result, it is essential to use raw materials economically and to explore alternative sources of protein, both plant-based and animal-based.

Considering the established nutrient requirements for puppies, scientifically grounded formulations for complete dry feeds were developed (for service puppies aged 2 to 4 months and 4 to 6 months). The formulation for puppies aged 2 to 4 months comprised 50% animal-based components and 33% plant-based components. For puppies aged 4 to 6 months, the formulation included 51% animal-based components and 37% plant-based components. The developed feeds included components with high levels of crude protein and low fat content, as the formulation was specifically designed for extruded feeds. The remaining fat content (rendered chicken fat) was incorporated through atomization.

The trial batches of the feed were produced utilizing the extrusion method. The processing of feed ingredients through extrusion is considered one of the most effective technological solutions. Following thermal processing, the development of aromatic compounds enhances the palatability of the feed, while also increasing the activity of enzymes essential for the digestion process. Extruded feed is

absorbed at rates of up to 90-95%. This advanced feed, produced using a barothermal method, effectively eliminates pathogenic microorganisms, including mold fungi and their toxins.

Extrusion not only disinfects the raw material but also slows down the protein degradation process, promotes the synthesis of microbial protein, and enhances starch digestibility by converting it into sugars and dextrins. This method also slows down the fermentation of starch and increases the dietary energy value by 10-15%.

After extrusion, proteins are more readily digestible as the amino acids become more accessible due to the disruption of secondary bonds within the protein molecules. The extrusion process also neutralizes factors that negatively impact digestion, such as trypsin inhibitors and urease. During this process, amino acids are preserved due to the optimal temperatures and the brief duration of thermal treatment.

D.A. Blagov, S.V. Mitrofanov et al. showed in their study that grain extrusion provides sterilization from pathogenic microflora and breakdown of complex indigestible polysaccharides into simple carbohydrates and sugars. This process decreases the moisture content of the final feed by 2-2.5 times compared to the initial values, thus contributing to its longer storage. The barothermal treatment hydrolyzes the starches in cereal grains into simple sugars, enhancing the organoleptic qualities and increasing the palatability of the feed. Following extrusion, the sugar content increases by 106.83% in wheat, 71.43% in barley, and 15.28% in peas. Extruded feeds are crucial for the rearing of young dogs, as they significantly mitigate mortality rates associated with gastrointestinal diseases and pathogens that may be transmitted via the feed.

The technological parameters of the trial batches of compound feed were assessed and are detailed in Table 3.

Table 3

Technological parameters of complete dry feeds for service puppies

Parameter name	Compound feed for:	
	puppies 2 to 4 months	puppies 4 to 6 months
Pellet		
diameter, mm	8.35±0.25	8.48±0.25
length, mm	7.38±0.38	9.74±0.05
Volume weight, g/L	411.3±1.32	524.1±1.14
Repose angle, deg	38	40
Pellet water resistance, min	over 24 hours	
Swelling, mL/g	4.29 ± 0.13	4.69±0.17
Friability,%	0.148± 0.028	0.173±0.06
Homogeneity of mixing of components in the pellet, %:		
Protein	98.57	99.64
Fat	98.84	98.73

According to the data in Table 4, the trial batches of compound feeds exhibit favorable technological parameters and nearly fully meet the requirements of the GOST standard. The spherical shape of the pellets and the bulk density indicate that the feed has been extruded. The pellets exhibit porosity, and the uniformity of mixing is excellent, both in terms of fat and protein distribution. The fat was applied to the finished pellets, and it is noteworthy that the fat coating is of high

quality, with the pellets absorbing it uniformly. The friability is negligible in both trial batches (friability according to GOST should not exceed 3%). The swelling capacity of the developed extruded feeds exceeded 4 mL/g, which is considered a high value. Swelling capacity indicates the ability of dry feeds to absorb moisture, retain it, and restore their properties, thereby increasing in volume, becoming softer, and consequently more accessible for gastric juice action and further digestion by the puppies' bodies.

In the developed trial batches of puppy food, the nutritional value was assessed (Table 4).

Table 4

Nutritional value of complete dry foods for service puppies

Parameter name, %	Compound feed for:			
	puppies 2 to 4 months		puppies 4 to 6 months	
	native state	per absolute dry matter	native state	per absolute dry matter
Moisture	7.70±0.15	-	9.81±0.05	-
Dry matter	92.30	92.30	90.19	90.19
Protein content	29.96±0.31	32.46	29.41±0.07	32.61
Fat content	11.51±0.13	12.47	12.62±0.11	13.99
Fiber content	1.32±0.03	1.43	1.96±0.07	2.17
Ash content, NMT	6.54±0.05	7.08	5.32±008	5.90
Gross energy, kcal/100g	449.01	455.7	435.33	444.65
Metabolic energy, kcal/100g	395.13	401.0	383.09	391.3

Based on the data presented in Table 4, it is evident that the developed feeds meet the established nutritional standards for service puppies. Subsequently, the trial batches of feed were transferred to a breeding facility for scientific and practical evaluation.

A service dog breeding facility is a comprehensive institution specializing in the breeding, preparation, and training of dogs for various service roles. These facilities play a pivotal role in ensuring public safety, assisting in emergency situations, and enhancing the quality of life for individuals. Within a service dog breeding facility, optimal conditions are established for the development and training of future service partners. This includes state-of-the-art training grounds, specialized equipment, and highly qualified instructors and trainers with expertise in various aspects of dog training.

The experiment involving puppies aged 2 and 4 months, fed with the developed feeds, represents a comprehensive study aimed at examining the impact of nutrition on growth, health, and overall development of young dogs. This experiment holds significant practical value for the formulation of optimal feeding strategies and the enhancement of dogs' quality of life.

Conducted within the breeding facility, the study comprised two groups of puppies in each age category: one group at 2 months and another at 4 months. The puppies in these groups were provided with both the developed and control feeds – specifically, the Best breeders puppy 32-18 for the 2-month-old puppies and the Puppy condro active for the 4-month-old ones. Each group consisted of several individuals of the German Shepherd and Belgian Shepherd breeds. For a duration of 60 days, the 2-month-old puppies were fed 105 grams of food four times daily (totaling 420 grams), while the 4-month-old puppies received 275 grams twice

daily (totaling 550 grams). Each group of puppies was regularly weighed, underwent medical examinations, and was monitored for physical development, activity levels, and overall health status. Additionally, the experiment included biochemical and general blood analyses to assess the overall health and bodily functions of the puppies. This approach aimed to provide a deeper understanding of the impact of nutrition on internal processes and overall well-being.

The experimental setup involved two groups of puppies in each age category: one group at 2 months and another at 4 months. Each group was provided with a unique diet tailored to their age and nutritional needs. The feeding regimen was strictly adhered to, with precise quantities and schedules to ensure uniform conditions for all participants. Specifically, the 2-month-old puppies received 105 grams of food four times a day (420 grams total), while the 4-month-old puppies were fed 275 grams twice daily (550 grams total).

Throughout the experiment, each puppy was closely monitored for physical condition, weight, growth, as well as activity levels and behavior. This allowed for the tracking of any changes associated with the type of nutrition provided.

Over the 60-day feeding period, the following changes in body mass were observed in the service puppies fed with the test diets: for puppies aged 2-4 months, weight increased within the range of +3.8 to +8.5 kg; for puppies aged 4 months and older, weight increased within the range of +6.3 to +7.5 kg. The weight gain in the puppies was consistent, indicating that the domestic feed provided adequate energy and nutrients for healthy growth and development. No significant differences were observed compared to the control group.

Thus, feeding domestic food to 2- and 4-month-old puppies may have numerous positive effects, including improved digestion, immune support, and stimulation of growth and development. The experiment demonstrated that this feeding approach can be effective and contribute to the overall health and well-being of the puppies.

At both the beginning and end of the feeding period, primary and secondary blood analyses were conducted for the 2- and 4-month-old puppies.

Biochemical blood analysis:

1. Protein levels: The biochemical blood analysis can reveal the total protein level, which is a crucial indicator of nutrition and overall health in puppies. A positive protein result was observed in puppies fed with domestically produced food, indicating sufficient nutrient intake from the local feed.

2. Glucose Levels: Normal glucose levels suggest proper carbohydrate metabolism. Stable glucose levels in puppies fed with domestic feed reflect a balanced diet.

3. Aminotransferases: These enzymes are indicators of liver and muscle health. Positive results in puppies fed with domestic feed suggest the absence of pathological processes.

According to the general blood analysis, the puppies fed with domestic feed exhibited the following positive results:

1. Red blood cells and hemoglobin: Normal erythrocyte and hemoglobin levels indicate proper hematopoietic function. Stable levels suggest the absence of anemia and adequate iron and nutrient intake.

2. White blood cells: WBC levels serve as indicators of immune response. Normal leukocyte counts in puppies fed with domestic feed reflect a healthy immune system and absence of inflammatory processes.

3. Platelets: Normal platelet levels are crucial for effective blood coagulation. Stable platelet counts signify proper blood clotting function in the puppies.

In addition, the biochemical and hematological analyses of puppies fed with domestic feed revealed:

4. Fat levels: Normal fat levels in the blood indicate appropriate lipid and energy metabolism. Consistent fat levels reflect adequate nutrition and physical activity.

5. Urea and creatinine levels: These parameters are indicators of kidney function. Normal levels of urea and creatinine suggest healthy renal function in the puppies.

In summary, the positive outcomes observed in both biochemical and hematological blood analyses for puppies fed with domestic diets indicate not only overall health and proper nutrition but also normal functioning of the liver, kidneys, and circulatory system.

Conclusion. Based on the presented findings, it can be concluded that the development of extruded production feeds for service puppies, grounded in an analysis of nutritional needs, will enhance the ecological conditions at processing enterprises and ensure the full utilization of raw material resources. The developed complete extruded feed for service puppies represents a product that substitutes imported goods. Establishing feed production for non-productive animals in Kazakhstan will reduce the need for imports of similar products and save foreign currency.

Furthermore, the implementation of such technologies in production promotes the creation of new job opportunities and the growth of the local economy. Utilizing local raw materials for feed production diminishes dependence on imported supplies and reduces transportation costs, which positively impacts the environmental situation by decreasing carbon dioxide emissions. It is also important to note that the quality of the produced feed will meet international standards, ensuring the necessary nutrition and health for service puppies, thereby enhancing their performance and extending their service lifespan.

References

1. Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I., Voronina P.K. Modeling of the process of obtaining extrudates based on a new technological solution //Niva Povolzhya. – 2014. – Vol. 1. – No. 30. – P. 70-76.
2. Kurochkin A.A., Voronina P.K., Shaburova G.V., Frolov D.I. Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers //Technique and technology of food production. – 2016. – No. 3. – P. 104-109.
3. Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Novikov V.V., Denisov S.V. Methodological aspects of theoretical studies of press extruders for processing vegetable starch-containing raw materials //XXI century: results of the past and problems of the present plus. – 2013. – No.6 (10). – P. 46-54.
4. Samuelsen T.A. et al. Impact of variability in fishmeal physicochemical properties on the extrusion process, starch gelatinization and pellet durability and hardness //Animal Feed Science and Technology. – 2013. – Vol. 179. – No. 4. – P.77-84.
5. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: an overview //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2020. – Vol. 19. – No. 1. – P. 218-246.
6. Vasagam K.K., Ambasankar K., Dayal J.S. An overview of aquafeed formulation and processing //Advances in Marine and Brackishwater Aquaculture. – 2015. – No. 2. – P. 227-240.
7. Singh P., Paul B.N., Giri S.S. Potentiality of new feed ingredients for aquaculture: a review //Agricultural Reviews. – 2018. – Vol. 39. – No. 4. – P. 282-291.

8. Belyayev V.D., Ibishov D.F.O. Kharakteristika pitatel'nosti kormov i ikh vliyaniye na fiziologicheskiye pokazateli sobak porody nemetskaya ovcharka [Characteristics of feed nutrition and their effect on the physiological parameters of German Shepherd dogs] // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2015. – No. 4. – P. 150-152. [in Russian].
9. Lin S., Huff H.E., Hsieh F. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog //Journal of Food Science. – 2002. – Vol. 67. – No. 3. – P. 1066-1072.
10. Wang P., Fu Y., Wang L., Saleh A.S.M., Cao H., Xiao Z. Effect of enrichment with stabilized rice bran and extrusion process on gelatinization and retrogradation properties of rice starch //Starch – Stärke. – 2017. – Vol. 69. – No. 8. – P. 16-21.
11. Alam M.S., Kaur J., Khaira H., Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review //Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2015. – Vol. 56. – No. 3. – P. 445-473.

The study was conducted under the grant funding provided by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for 2023-2025, project IRN AR19680059 titled "Development of formulations and technology of production of complete dry foods for service dogs of Kazakhstan", state registration number 0123RK00225.

Material received on 17.09.24.

М.М. Патсаев[1], А.Б. Оспанов[1], Н.И. Январева[1], В.И. Сидорова[1], М.Ж. Бектурсунова[1]

[1]Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан

ҚЫЗМЕТТІК ИТТЕР КҮШІКТЕРІНЕ АРНАЛҒАН ОТАНДЫҚ ҚҰРАМА ЖЕМ ӨНДІРІСІНІҢ БОЛАШАҒЫ

Аңдатпа. Екі айдан бастап толық тамақтандыруға арналған өнімсіз жануарларға (қызметтік иттер күшіктеріне) арналған экструдталған жем өндірудің отандық технологиясына ғылыми зерттеулер мен әзірлемелер жүргізілді, бұл аналогты өнімдердің импортын қысқартуға, отандық құрама жем өнеркәсібінің өндірістік мүмкіндіктерін күшейтуге, экологиялық жағдайды жақсартуға және қосымша пайда алуға мүмкіндік береді. Ғылыми-техникалық құжаттаманы, ГОСТ-тарды, әдеби дереккөздерді және қолданыстағы физика-химиялық көрсеткіштерді импорттық жемге зерттеу нәтижесінде қызметтік күшіктерге арналған жемнің тағамдық құндылығы анықталды. Осы тақырып бойынша ғылыми әдебиеттерге шолу көп компонентті жем қоспаларын экструдтау процесі әлі де жеткілікті зерттелмегенін көрсетті. Иттердің күшіктерінің қоректік заттарға деген қажеттілігін ескере отырып, метаболикалық энергия толық жем үшін екі рецепт әзірленді. Рецепттерді әзірлеу кезінде негізінен отандық өндірістің компоненттері қолданылды. Әзірленген толыққанды жем құндылығы бойынша қазіргі уақытта жем нарығында бар импорттық жеммен салыстыру жүргізілді. Күшіктерге эксперимент жүргізілді, онда олар әзірленген жеммен тамақтандырылды. Эксперимент барысында күшіктердің әр тобы үнемі өлшеніп, медициналық тексеруден өтіп, физикалық дамуды, белсенділікті және жалпы денсаулығы бақыланды. Осылайша, қызметтік ит питомнигіндегі күшіктерге арналған эксперимент жас иттерді тамақтандыру мен күтудің оңтайлы стратегияларын түсінуге айтарлықтай үлес қосуға мүмкіндігі бар маңызды зерттеу болып табылады.

Тірек сөздер: құрғақ құрама жем, экструдтау, ақуыз, май, сапа, алмасу энергиясы, технологиялық көрсеткіштер.

М.М. Патсаев[1], А.Б. Оспанов[1], Н.И. Январева[1], В.И. Сидорова[1], М.Ж. Бектурсунова[1]

[1]Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЩЕНКОВ СЛУЖЕБНЫХ СОБАК

Аннотация. В статье приведены результаты исследования и разработки отечественной технологии производства экструдированных сухих кормов для непродуктивных животных (щенков служебных собак), предназначенных для полнорационного кормления с 2-х месячного возраста, что позволит сократить импорт продуктов-аналогов, усилит производственные возможности отечественной комбикормовой промышленности, улучшит экологическую обстановку и позволит получить дополнительную прибыль. В результате изучения научно-технической документации, ГОСТов, литературных источников и существующих физико-химических показателей на импортные корма, была установлена питательная ценность кормов для щенков служебных собак. Обзор научной литературы по этому вопросу показал, что процесс экструзии многокомпонентных кормовых смесей все еще изучен недостаточно. Учитывая потребность щенков собак в питательных веществах, обменной энергии были разработаны два рецепта полнорационных комбикормов. При разработке рецептов были использованы в основном компоненты отечественного производства. Проведено сравнение по кормовой ценности разработанных полнорационных кормов с импортными кормами присутствующими в данное время на рынке кормов. Проведен экперимент над щенками, где их кормили разработанными кормами. В течение эксперимента каждая группа щенков регулярно взвешивалась, проходили медицинские обследования и подвергались наблюдениям за физическим развитием, активностью и общим состоянием здоровья. Таким образом, эксперимент над щенками в питомнике служебных собак представляет собой важное исследование, которое имеет потенциал принести значительный вклад в понимание оптимальных стратегий питания и ухода за молодыми собаками.

Ключевые слова: сухие комбикорма, экструдирование, протеин, жир, качество, обменная энергия, технологические показатели.

МРНТИ 65.35.03

М.Н. Мамыраев[1] – *основной автор*, **А.И. Изтаев[2], М.Д. Кенжеходжаев[3], Г.О. Магомедов[4], М.А. Якияева[5], Э.Б. Аскарбеков[6]**

[1,6]Докторант, [2]Д-р техн. наук, профессор, акад. НАН РК, [3]Канд. техн. наук, ассоц. профессор, [4]Д-р техн. наук, профессор, [5]PhD, ассоц. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0009-5584-1230 [2]https://orcid.org/0000-0002-7385-482X [3]https://orcid.org/0000-0001-6924-4589 [4]https://orcid.org/0000-0002-7200-8387 [5]https://orcid.org/0000-0002-8564-2912 [6]https://orcid.org/0000-0002-9544-0820*

[1,2,5,6]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан [3]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан [4]Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия

@ *[3]k-mahamed@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/EPZI3482

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА МУЧНЫЕ КОНДИТЕРСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

Аннотация. Мучные кондитерские изделия представляют собой большую группу высококалорийных пищевых продуктов, являясь хорошо усваиваемыми продуктами питания с приятным вкусом. Они пользуются большой популярностью у населения Казахстана, особенно любимы детьми и подростками. Это дает основание считать их наряду с основными хлебобулочными изделиями продуктами первостепенного значения, однако, для повышения качества продуктов можно использовать нетрадиционное сырьевые продукты обработанную озонированную, ионозонную, фильтрованную воду. В данной статье приведено исследование по разработке и внедрению технологий, рационально использующих сырьевые ресурсы и позволяющих вырабатывать качественные мучные кондитерские изделия, которые будут соответствовать современным требованиям науки о рациональном питании и здоровой пищи. Изменения химического состава изделия возможны за счет использования многофункционального сырья (активированные воды) за что представляет собой серьезное вмешательство традиционной технологии требующие глубоких исследований для получения высококачественной конкурентоспособности продукции. Для улутшения реологических свойств мучных кондитерских изделий были взяты 3 вида воды: озонированная вода, ионозонированная вода, фильтрованная вода. Были изучены физико-химические, органолептические показатели. Для улучшения реологических свойств и повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий использованы 3 вида активированной воды и 3 группы по дисперсности цельносмолотой муки отечественных сортов пшеницы для выявления рационального варианта приготовления теста и готовой продукции. Были исследованы реологические свойства мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, озонированная вода, ионозонированная вода, фильтрованная вода, тесто.

Мамыраев, М.Н. Исследование влияния активированной воды на мучные кондитерские изделия [Текст] / М.Н. Мамыраев, А.И. Изтаев, М.Д. Кенжеходжаев, Г.О. Магомедов, М.А. Якияева, Э.Б. Аскарбеков //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.116-128. https://doi.org/10.55956/EPZI3482

Введение. Ведущие ученые мира предложили включить цельнозерновые продукты в государственные рекомендации питания, а также всеми силами пропагандировать их употребление. Сводка исследований зависимости между потреблением цельнозерновых продуктов и различными заболеваниями подтверждается фактами ученых Гарвардской медицинской школы, Японии, Голландии, Норвегии и др. Так, Гарвардский Институт Здравоохранения изучал 367 000 человек в течение 14 лет и пришел к общему выводу, что цельнозерновые продукты имеют значительный защитный эффект на организм и приводят к снижению риска развития рака на 15%, снижению лишнего веса у женщин на 49%, снижению смертности сердечно-сосудистых заболеваний на 18% [1]. Норвежские ученые провели мета-анализ 16 исследований и выяснили, что употребление 3 порций цельного зерна в день снижало риск развития диабета 2 типа на 32%, в том числе выявлено, что повышенное употребление цельнозерновых продуктов снижает смертность от диабета на 48% и другие исследования полезности цельнозерновых продуктов [2].

При производстве цельносмолотой муки используются все части целого зерна: зародыш, зерновые оболочки, эндосперм. Эта пищевая категория содержит большое количество белка, сложных углеводов, клетчатки, витаминов В, А, Е и РР. Кроме того, богат и на содержание таких элементов, как калий, натрий, молибден, фосфор, йод, железо и кальций. Содержится повышенное содержание основных физиологически активных компонентов: целлюлозы, лигнина, пектина, пищевых волокон и др [3].

Применение активированной (озонированной, ионированной и ионоозонированной, биогенированной) воды, обладающей многими полезными свойствами (бактерицидными, окислительно-восстановительными и т.д) в производстве мучных изделий представляет собой перспективное направление в производстве экологически безопасных продуктов, что весьма актуально для Казахстана, так как значительные слои населения проживают в экологически неблагоприятных регионах, работают, контактируя с вредными физическими, химическими и биологическими факторами окружающей среды. Стремление к сокращению производственного цикла приготовления теста привело к созданию ряда ускоренных способов приготовления мучных изделий, сущность которых заключается в интенсификации микробиологических, коллоидных и биохимических процессов, происходящих при созревании теста [4].

Особое место в питании населения занимают мучные кондитерские изделия, поэтому они должны иметь хорошее качество, высокую пищевую ценность, а также стать и профилактическим средством, предотвращающим заболевания человека, вызванные неблагоприятной экологической обстановкой. В связи с тем, что в Казахстане мучные кондитерские изделия производятся в основном из муки высшего или первого сорта, бедной по содержанию полезных веществ и клетчатки, то весьма актуальным и востребованным является вопрос разработки технологии новых видов мучных кондитерских изделий с ускоренным циклом производства на основе тонкодисперсной цельносмолотой муки из перспективных отечественных сортов пшеницы и растительного сырья, активированной воды и кавитационной обработки теста [5].

Технология глубокой переработки цельносмолотой муки разной дисперсности из перспективных сортов пшеницы и растительного сырья, расширение ассортимента мучных кондитерских изделий на основе

применения цельносмолотой муки, активированной (озонированная, ионированная, ионоозонированная и биогенированная) воды, кавитационной обработки теста, способствуют повышению качества, пищевой, биологической ценности, безопасности готовых изделий и сокращению технологического процесса производства [6].

В связи с вышеизложенным, разработка мучных кондитерских изделий с использованием цельносмолотой муки, активированной воды и кавитационной обработки теста позволит решить проблему удовлетворения потребностей населения в высококачественных продуктах питания с высокой пищевой и биологической ценностью [7-8].

Отечественные производители остро нуждаются во внедрении таких интенсивных технологий, обеспечивающих повышение качества готовой продукции, пищевой и биологической ценности. Целевыми потребителями полученных результатов являются люди, работающие в экологически неблагоприятных регионах, во вредных условиях и т.д. Такое питание должно стать нормой и будет служить профилактикой различных заболеваний [9].

Современная медицина нацелена на профилактику и предупреждение болезней и развивает науку о здоровом образе жизни, всячески поощряя ростки «живого» естественного питания. Здоровье человека только на 10% зависит от медицины, а остальное – это влияние экологии, правильного питания, стрессовые ситуации и др [10]. Разработка инновационной технологии мучных кондитерских изделий на основе глубокой переработки цельносмолотой муки, активированной воды позволит обеспечить различные регионы, группы населения по профессии, возрасту и т.д. экологически безопасными продуктами в необходимом объеме. В работе были использованы новые перспективные сорта пшеницы и растительного сырья, позволяющие расширить использование сырьевых ресурсов Казахстана и обогатить мучные кондитерские изделия, повысив их биологическую ценность и влияние на здоровье человека [11].

Условия и методы исследований. Исследовано влияние различных сортов мягкой пшеницы на качество мучных кондитерских изделий (Кекс). Для исследования были взяты мягкие сорта пшеницы сорта «НАЗ» разного помола, ионозонированная вода, озонированная вода, фильтрованная вода.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи: разработка оптимальной рецептуры для опыта, определение физико-химических показателей, химического состава сырья и продуктов их переработки. Определение показателей качества сырья и продуктов их переработки проводилось согласно общепринятым методикам [12].

Физико-химические показатели качества цельносмолотой муки и разработанных мучных кондитерских изделий были проведены согласно общепринятым методам:

ГОСТ 5900-73 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ.

ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Метод определения кислотности и щелочности.

ГОСТ 5901-2014 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси [13].

ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей [14].

Для определения реологических свойств мучных кондитерских изделий был использован прибор Структурометр СТ-2.

Результаты исследований и их обсуждение. Для приготовления кексов были выбраны одинаковые технологические режимы для мелкой 1 и 2 степени тонкодисперсной муки и автивированной воды, которые приведены в таблице 1. Нами были рассмотрены рецептуры приготовления кексов для разной дисперсности муки и активированной воды (табл. 2-5). Физико-химические показатели кекса из разнодисперсной цельносмолотой муки сорта «Наз» и активированной воды представлены в таблице 6.

Таблица 1

Технологический режим для кексов мелкой, тонкой 1 и 2 степени дисперсности муки и активированной воды

Начальная температура теста, ℃	20
Конечная температура, ℃	26
Время выпечки, мин	25
Время замеса эмульсий, мин	5
Время замеса теста, мин	9
Температура готовых изделий ℃ после выпечки	92

Таблица 2

Рецептура для исследования кексов из мелкодисперсной муки (112 мкм) и фильтрованной воды

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг		Расход сырья на 500 гр готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука мелкой дисперсности	89,5	259,9	222,2	129,9	111,1
Мука пшеничная в/с	85,5	28,8	24,6	14,4	12,3
Сахар-песок	99,16	216,6	216,6	108,3	100,8
Масло сливочное	84,0	216,6	181,9	108,3	90,9
Куриное яйцо	27,0	173,2	46,7	86,6	23,3
Фильтрованная вода	-	216,6	-	108,3	-
Выход полуфабриката	68,0	1111,7	876,0	555,8	438,0
Выход готовых изделий	76,0	1000	820	500	410,0

Таблица 3

Рецептура для исследования кексов из тонкодисперсной муки 1 степени (146 мкм) и озонированной воды

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг		Расход сырья на 500 гр готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
1	2	3	4	5	6
Мука цельносмолотая 1 ст.	89,5	259,9	222,2	129,9	111,1
Мука пшеничная в/с	85,5	28,8	24,6	14,4	12,3
Сахар-песок	99,16	216,6	216,6	108,3	100,8

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Масло сливочное	84,0	216,6	181,9	108,3	90,9
Куриное яйцо	27,0	173,2	46,7	86,6	23,3
Озонированная вода	-	216,6	-	108,3	-
Выход полуфабриката	68,0	1111,7	876,0	555,8	438,0
Выход готовых изделий	76,0	1000	820	500	410,0

Таблица 4

Рецептура для исследования кексов из тонкодисперсной муки 2 степени (154 мкм) и ионозонированной воды

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг		Расход сырья на 500 гр готовой продукции	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука цельносмолотая 2 ст.	89,5	259,9	222,2	129,9	111,1
Мука пшеничная в/с	85,5	28,8	24,6	14,4	12,3
Сахар-песок	99,16	216,6	216,6	108,3	100,8
Масло сливочное	84,0	216,6	181,9	108,3	90,9
Куриное яйцо	27,0	173,2	46,7	86,6	23,3
Ионозонированная вода	-	216,6	-	108,3	-
Выход полуфабриката	68,0	1111,7	876,0	555,8	438,0
Выход готовых изделий	76,0	1000	820	500	410,0

Таблица 5

Рецептура для исследования кексов контрольного образца

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная в/с	85,5	2888,0	2469,2
Сахар-песок	99,86	2166,0	2162,8
Масло сливочное	84,0	2166,0	1819,4
Куриное яйцо	27,0	1732,0	467,6
Эссенция	-	8,6	0
Аммоний углекислый	-	8,6	0
Вода	-	По расчету	-
Выход полуфабриката	82,0	11244,8	8760,9
Выход готовых изделий		10000,0	8200,0

Таблица 6

Физико-химические показатели кекса из разнодисперсной цельносмолотой муки сорта «Наз» и активированной воды

Тип воды	Типы дисперсий муки	Тесто			Готовое изделие
		щелочность	влажность	зольность	удельный обьем
Контрольный образец цельнозерновой муки	Цельнозерновая мука	2,0 град	31,0	0,70%	120 см/М^3
Фильтрованная вода	Мелкой	1,9 град	26,7%	0,80%	110 см/М^3
	Тонкодисперсная 1 степени	1,7 град	30,1%	0,77%	105 см/М^3
	Тонкодисперсная 2 степени	1,6 град	28,2%	0,86%	109 см/М^3
Озонированная вода	Мелкой	1,8 град	31,6%	0,83%	108 см/М^3
	Тонкодисперсная 1 степени	1,6 град	32,9%	0,84%	104 см/М^3
	Тонкодисперсная 2 степени	1,7 град	30,2%	0,88%	108 см/М^3
Ионозонирован-ная вода	Мелкой	1,8 град	27,4%	0,79%	110 см/М^3
	Тонкодисперсная 1 степени	1,7 град	28,9%	0,86%	108 см/М^3
	Тонкодисперсная 2 степени	1,6 град	29,7%	0,91%	107 см/М^3

На рисунках 1, 2, 3 (а, б, в) показаны результаты исследования кексов из муки разной дисперсности и активированной воды. Кексы, приготовленные с помощью озонированной воды, показали наилучшие физико-химические результаты. По результатам исследования озонированная вода оказывает положительное влияние на удельный объём и кислотность по сравнению контрольным образцом. На рисунке 4 изображен контрольный образец кекса из цельнозерновой муки.



а) б) в)

а) кекс из мелкодисперсной муки; б) кекс из тонкодисперсной муки 1 степени; в) кекс из тонкодисперсной муки 2 степени (сорт пшеницы «Наз»).

Рис. 1. Кексы приготовленные с использованием фильтрованной воды и муки разной дисперсности



а) б) в)

а) кекс из мелкодисперсной муки; б) кекс из тонкодисперсной муки 1 степени; в) кекс из тонкодисперсной муки 2 степени (сорт пшеницы «Наз»).

Рис. 2. Кексы приготовленные с использованием озонированной воды и муки разной дисперсности



а) б) в)

а) кекс из мелкодисперсной муки; б) кекс из тонкодисперсной муки 1 степени; в) кекс из тонкодисперсной муки 2 степени (сорт пшеницы «Наз»).

Рис. 3. Кексы приготовленные с использованием ионизированной воды и муки разной дисперсности



Рис. 4. Контрольный образец. Кекс из цельнозерновой муки

Результаты определения реологических свойств мучных кондитерских изделий, полученных прибором Структурометр СТ-2 приведены в таблице 7.

Таблица 7

Реологические характеристики мучных кондитерских изделий, полученных прибором Структурометр СТ-2

Тип воды	Вид дисперсии муки	Тесто			Готовое изделие		
		Полная деформация Н1, (мм)	Пластичная деформация Н2, (мм)	Упругая деформация Н3, (мм)	Полная деформация Н1, (мм)	Пластичная деформация Н2, (мм)	Упругая деформация Н3, (мм)
Контрольный образец	Цельнозерновая мука	19,0	17,5	1,5	3,0	1,15	1,85
Озонированная вода	Мелкой	18,75	17,9	0,85	2,50	0,90	1,60
	Тонкодисперсная 1 степени	9,15	7,25	1,90	2,50	1,12	1,38
	Тонкодисперсная 2 степени	11,30	9,90	1,40	2,30	1,10	1,20
Ионозонирован-ная вода	Мелкой	15,30	14,75	0,55	1,60	0,60	1,00
	Тонкодисперсная 1 степени	14,50	13,80	0,70	2,0	0,75	1,25
	Тонкодисперсная 2 степени	12,50	12,10	0,40	2,14	0,85	1,29
Фильтрованная вода	Мелкой	13,5	13,0	0,50	3,10	1,70	1,40
	Тонкодисперсная 1 степени	14,50	13,80	0,70	2,05	1,80	1,25
	Тонкодисперсная 2 степени	12,55	12,25	0,30	1,75	1,0	0,75

Графики влияния активированной воды на реологические свойства теста представлены на рисунках 5-7.

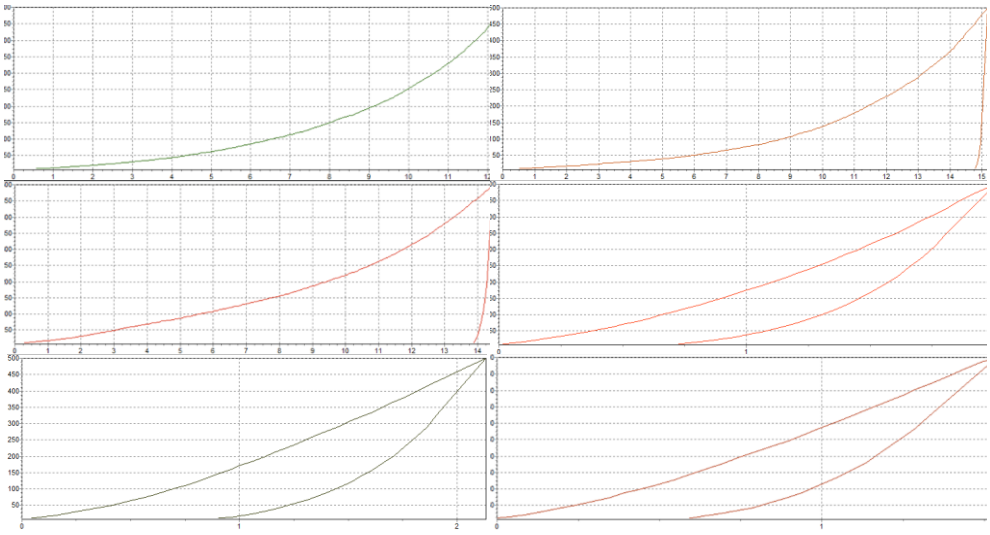


Рис. 5. Озонированная вода, влияние на реологические свойства теста

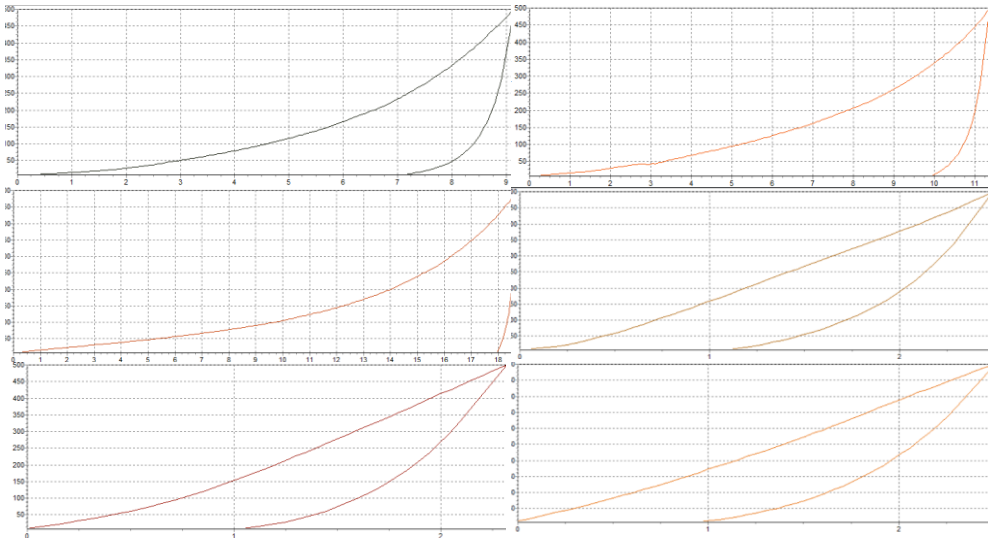


Рис. 6. Ионизированная вода, влияние на реологические свойства теста

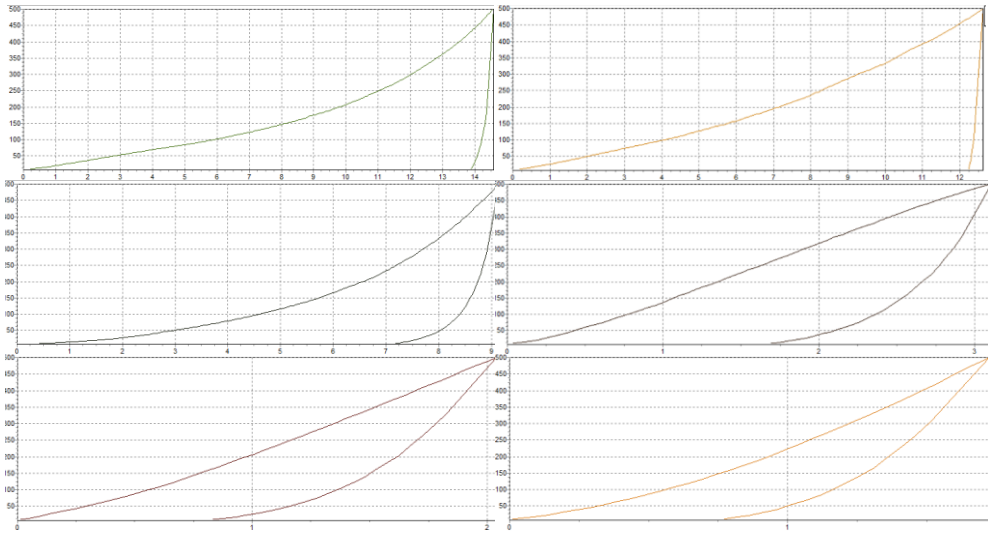


Рис. 7. Фильтрованная вода, влияние на реологические свойства теста

Заключение. В статье приведены результаты научного исследования по созданию мучных кондитерских изделий с высоким содержанием белковых, витаминных и минеральных веществ на основе цельносмолотой муки мягкого сорта пшеницы «Наз» КАЗНИИЗи в разной дисперсности (мелкой, тонкой 1 и 2 степени) и активированной воды (озона ионозона и фильтрованной) с интенсивным тестовведением в экспериментальном аппарате.

На основе анализа полученных данных исследования по приготовлению мучного изделия «кекса», были сформированы следующие выводы:

– технологические режимы для приготовления мучного изделия кекса были выбраны одинаковые независимо от дисперсности и видов активированной воды, значения режимных параметров показаны в таблице 1;

– выбранные дифференцированные рецептуры приготовления «кекса» в зависимости от дисперсности цельносмолотой пшеницы муки и вида активированной воды, которые представлены в таблицах 2, 3, 4, 5 сравнивали с контрольным образцом 5;

– в рецептурах показаны массовая доля сухих веществ и расход каждого вида сырья на одну тонну до 500 гр готовой продукции;

– подробно исследованы физико-химические показатели «кекса» в зависимости от активированной воды и дисперсности цельносмолотой муки пшеницы сорта «Наз», определены влажность, щелочность, зольность и удельный объем готового изделия.

Исследованы реологические характеристики мучных кондитерских изделии полученных прибором Структурометр СТ-2, установлены измерения полной, пластичной, упругой деформации теста в зависимости от вида активированной воды и дисперсности цельносмолотой муки пшеницы из сорта «Наз».

Список литературы

1. Изтаев, А.И. Инновационные технологии приготовления хлебобулочных, мучных кондитерских и макаронных изделий [Текст] / А.И. Изтаев, Г.К. Искакова, Б.А. Изтаев, М.А. Якияева, И.Ш. Аккожа, М.Н. Мамыраев, М.Н. Рахымбаева. – Алматы: ТОО Издательство «Фортуна Полиграф», 2023. – 280 с.
2. Магомедов, Г.О. Технология мучных кондитерских изделий функционального назначения [Текст]: монография / Г.О Магомедов, С.И Лукина, Х.А. Исраилова. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – 136 с.
3. Могильный, М.П. Сборник технических нормативов. Сборник рецептур на продукцию кондитерского производства [Текст] / М.П. Могильный. – М.: ДеЛи плюс, 2011. – 560 с.
4. Изтаев, Б.А. Инновационные технологии ускоренного приготовления хлебобулочных изделий [Текст] / Б.А. Изтаев, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, Ш.А. Турсуибаева. – Алматы: ТОО «Фортуна Полиграф», 2022. – 430 с.
5. Kim J.G., Yousef A.E., Khadre M.A. Ozone and its current and future application in the food industry. – 2003.
6. Магомедов, Г.О. Реологические характеристики сбивного бездрожжевого теста из цельносмолотого зерна пшеницы [Текст] / Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева, И.А. Алейник //Хлебопродукты. – 2009. – № 1. – С. 48-49.
7. Искакова, Г.К. Технология хлеба и макаронных изделий с применением озонированной и ионоозонированной воды [Текст]: монография / Г.К. Искакова, А.И. Изтаев, Т.К. Кулажанов, М.М. Маемеров, Б.А. Изтаев. – Алматы: АТУ, 2011. – 216 с.
8. Li M. et al. Delineating the microbial and physical–chemical changes during storage of ozone treated wheat flour //Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2013. – Vol. 20. – P. 223-229.
9. Магомедов, Г.О. Влияние различных факторов на реологические свойства сбивного бездрожжевого теста [Текст] / Г.О. Магмедов, Е.И. Пономарева, Т.Н. Шелест, С.Н. Крутских, Ю.Н. Левин //Хранение и переработка с/х сырья. – 2007. – № 5. – С 42-46.
10. Магомедов, Г.О. Научные и практические основы технологии сбивных функциональных хлебобулочных изделий [Текст]: монография / Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева. – Воронеж: ВГТА, 2010. – 248 с.
11. Магомедов, Г.О. Производство сбивных бездрожжевых мучных изделий [Текст] / Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева, Т.Н. Шелест, С.Н. Крутских //Хлебопродукты. – 2006. – № 6. – С. 53-54.

12. Iztayev A. et al. The investigation of the impact of dynamic deterioration of ozone on grass growth and the consequence of ion-ozone cavitation treatment //Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – No. 13 Special Issue. – P. 663-671.
13. Iztayev A. et al. Controlling the implemented mathematical models of ION-OZON cavitation treatment forlong-term storage of grain legune crops //Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – No. 13 Special Issue. – P. 672-680.
14. Khatun S., Tariq S., Iqbal M.S. The effect of mechanical loosening on the rheological properties of wheat flour dough //Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52(9). – P. 5929-5.

Материал поступил в редакцию 18.09.24.

М.Н. Мамыраев[1], А.И. Изтаев[1], М.Д. Кенжеходжаев[2], Г.О. Магомедов[3], М.А. Якияева[1], Э.Б Аскарбеков[1]

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті, Воронеж қ., Ресей

ҰНДЫ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРІНЕ БЕЛСЕНДІ СУДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ұнды кондитерлік өнімдер жоғары калориялы, ағзаға жақсы сіңімділігі мен дәмі жағымды өнім болып табылады. Өнім Қазақстан халқы арасында, әсіресе балалар мен жасөспірімдердің сүйікті тағамдары арасында өте танымал. Бұл оларды негізгі нан өнімдерімен қатар маңызды өнімдер деп санауға негіз береді, алайда өнімдердің сапасын жақсарту үшін дәстүрлі емес шикізат өнімдерін өңделген озон, ионозон, сүзілген суды пайдалануға болады. Бұл мақалада рационалды тамақтану және пайдалы тағам туралы ғылымның заманауи талаптарына сәйкес келетін сапалы ұнды кондитерлік өнімдерін өндіруге мүмкіндік беретін шикізатты ұтымды пайдаланатын технологияларды әзірлеу және енгізу бойынша зерттеулер келтірілген. Өнімнің химиялық құрамын өзгерту көпфункционалды шикізатты қолдану арқылы мүмкін болады (активтендірілген су), бұл дәстүрлі технологияның елеулі араласуын білдіреді, өнімнің жоғары сапалы бәсекеге қабілеттілігін алу үшін терең зерттеулерді қажет етеді. Ұнды кондитерлік өнімдердің реологиялық қасиеттерін жақсарту үшін судың 3 түрі алынды: озондалған су, иондалған су, фильтрленген су. Физика-химиялық, органолептикалық көрсеткіштер зерттелді. Ұнды кондитерлік өнімдерінің реологиялық қасиеттерін жақсарту және тағамдық құндылығын арттыру үшін қамыр мен дайын өнімді дайындаудың ұтымды нұсқасын анықтау үшін отандық бидай сорттарының тұтас ұнтақталған ұнының дисперсиясы бойынша белсендірілген судың 3 түрі және 3 топ пайдаланылды. Ұн кондитерлік өнімдерінің реологиялық қасиеттері зерттелді.

Тірек сөздер: ұнды кондитерлік өнімдер, озон суы, ионозон суы, фильтрленген су, қамыр.

M.N. Mamyraev[1], A.I. Iztaev[1], M.D. Kenzhekhodzhaev[2], G.O. Magomedov[3], M.A. Yakiyaeva[1], E.B. Askarbekov[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[3]Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ACTIVE WATER ON FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS

Abstract. Flour confectionery is a large group of high-calorie foods being well-digested foods with a pleasant taste, they are very popular among the population of Kazakhstan, especially loved by children and teenagers. This gives reason to consider them, along with the main bakery products, products of paramount importance, however, to improve the quality of products, non-traditional raw materials, processed ozone, ion-ozone, filtered water can be used. This article presents a study on the development and implementation of technologies that rationally use raw materials, allowing the production of high-quality flour confectionery products that will meet the modern requirements of the science of rational nutrition and healthy food. Changes in the chemical composition of the product are possible due to the use of multifunctional raw materials (activated waters), which represents a serious intervention of traditional technology requiring in-depth research to obtain high-quality competitive products. For the study of flour confectionery products, 3 types of water were taken, ozone water, ion-ozone water, filtered water, physico-chemical, organaleptic parameters were studied. For the study of flour confectionery products, 3 types of activated water and 3 groups of dispersion of whole-ground flour of domestic wheat varieties were used to identify a rational option for preparing dough and finished products. The rheological properties of flour confectionery products were investigated.

Keywords: flour confectionery products, ozone water, ion-zone water, filtered water, dough.

References

1. Iztayev A.I., Iskakova G.K., Iztayev B.A., Yakiyayeva M.A., Akkozha I.SH., Mamyrayev M.N., Rakhymbayeva M.N. Innovatsionnyye tekhnologii prigotovleniya khlebobulochnykh, muchnykh konditerskikh i makaronnykh izdeliy [Innovative technologies for the preparation of bakery, flour confectionery and pasta products]. – Almaty: Fortuna Poligraf Publishing House, 2023. – 280 p. [in Russian].
2. Magomedov G.O., Lukina S.I, Israilova KH.A. Tekhnologiya muchnykh konditerskikh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya [Technology of functional flour confectionery products]: monograph. – Voronezh: VSUET, 2016. – 136 p. [in Russian].
3. Mogil'nyy M.P. Sbornik tekhnicheskikh normativov. Sbornik retseptur na produktsiyu konditerskogo proizvodstva [Collection of technical standards. Collection of recipes for confectionery products]. – Moscow: DeLi plus, 2011. – 560 p. [in Russian].
4. Iztayev B.A., Iztayev A.I., Yakiyayeva M.A., Tursuibayeva SH.A. Innovatsionnyye tekhnologii uskorennogo prigotovleniya khlebobulochnykh izdeliy [Innovative technologies for accelerated preparation of bakery products]. – Almaty: Fortuna Poligraf Publishing House, 2022. – 430 p. [in Russian].
5. Kim J.G., Yousef A.E., Khadre M.A. Ozone and its current and future application in the food industry. – 2003.
6. Magomedov G.O., Ponomareva Ye.I., Aleynik I.A. Reologicheskiye kharakteristiki sbivnogo bezdrozhzhevogo testa iz tsel'nosmolotogo zerna pshenitsy [Rheological

characteristics of aerated yeast-free dough from whole wheat grain] //Khleboprodukty [Bread products]. – 2009. – No. 1. – P. 48-49. [in Russian].

7. Iskakova G.K., Iztayev A.I., Kulazhanov T.K., Mayemerov M.M., Iztayev B.A. Tekhnologiya khleba i makaronnykh izdeliy s primeneniyem ozonirovannoy i ionoozonirovannoy vody [Technology of bread and pasta using ozonized and ionozonated water]: monograph. – Almaty: ATU, 2011. – 216 p. [in Russian].
8. Li M. et al. Delineating the microbial and physical–chemical changes during storage of ozone treated wheat flour //Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2013. – Vol. 20. – P. 223-229.
9. Magomedov G.O., Ponomareva Ye.I., Shelest T.N., Krutskikh S.N., Levin YU.N. Vliyaniye razlichnykh faktorov na reologicheskiye svoystva sbivnogo bezdrozhzhevogo testa [Influence of various factors on the rheological properties of aerated yeast-free dough] //Khraneniye i pererabotka s/kh syr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]. – 2007. – No. 5. – P. 42-46. [in Russian].
10. Magomedov G.O., Ponomareva Ye.I. Nauchnyye i prakticheskiye osnovy tekhnologii sbivnykh funktsional'nykh khlebobulochnykh izdeliy [Scientific and practical foundations of the technology of aerated functional bakery products]: monograph. – Voronezh: VSUET, 2010. – 248 p. [in Russian].
11. Magomedov G.O., Ponomareva Ye.I., Shelest T.N., Krutskikh S.N. Proizvodstvo sbivnykh bezdrozhzhevykh muchnykh izdeliy [Production of aerated yeast-free flour products] //Khleboprodukty [Bread products]. – 2006. – No. 6. – P. 53-54. [in Russian].
12. Iztayev A. et al. The investigation of the impact of dynamic deterioration of ozone on grass growth and the consequence of ion-ozone cavitation treatment //Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – No. 13 Special Issue. – P. 663-671.
13. Iztayev A. et al. Controlling the implemented mathematical models of ION-OZON cavitation treatment forlong-term storage of grain legune crops //Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – No. 13 Special Issue. – P. 672-680.
14. Khatun S., Tariq S., Iqbal M.S. The effect of mechanical loosening on the rheological properties of wheat flour dough //Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52(9). – P. 5929-5.

МРНТИ 65.63.33

О.К. Зарифулина[1] – *основной автор,*
Е.А. Молибога[2], М.А. Шадрин[3], К.М. Ваисов[4]

[1]*Аспирант,* [2]*Д-р техн. наук, доцент,* [3]*Канд. техн. наук, доцент,*
[4]*Ст. преподаватель*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-0390-8538* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7226-5962*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-3786-4948* [4]*https://orcid.org/0000-0002-7572-296X*

[1,2,3,4]*Омский государственный технический университет,*
г. Омск, Россия

[1]*mea130980@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/KRLM3763

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ДЕСЕРТА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА

Аннотация. Благодаря растущей информированности населения о здоровом питании, потребители стали чаще отдавать предпочтение натуральным десертным продуктам. Особый интерес представляют молочные десерты. В связи с чем, создание функциональных молочных десертов является перспективным. Целью исследования являлась разработка кисломолочного десерта на основе козьего молока. Объектами исследований служили: козье молоко, смесь заквасок бактерий, содержащих бифидобактерии, лактобактерии и молочнокислые стрептококки, наполнитель пастеризованный для производства пищевых продуктов для раннего возраста «Абрикос-Морковь», пищевое волокно «Цитри-Фай», экстракт боярышника сухой, 1% водный раствор желатина, сахар.

Ключевые слова: пищевая ценность, пищевая промышленность, здоровое питание, антиоксиданты, козье молоко, кисломолочный десерт, функциональные свойства.

Зарифулина, О.К. Способ получения кисломолочного десерта на основе козьего молока [Текст] / О.К. Зарифулина, Е.А. Молибога, М.А. Шадрин, К.М. Ваисов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.129-134. https://doi.org/10.55956/KRLM3763

Введение. Функциональные продукты питания обеспечивают организм человека макронутриентами и незаменимыми пищевыми компонентами, способствуют нормальному функционированию отдельных органов, систем и организма в целом. Обогащенные продукты должны быть доступны для использования и потребления населением [1]. Наиболее перспективным является создание функциональных кисломолочных десертных продуктов на основе молока. Молоко является одним из наиболее доступных продуктов питания. Особое внимание имеют различные функциональные ингредиенты [2]. Козье молоко и продукты его переработки могут использоваться для диетического и лечебного питания для всех категорий населения, в том числе для питания детей с аллергией на коровье молоко [3].

Целью работы являлась разработка способа получения кисломолочного десерта на основе козьего молока.

Полученный десерт обладает высокими органолептическими показателями, высокой пищевой ценностью, высокими функциональными свойствами.

Условия и методы исследований. Технический результат достигается тем, что способ получения кисломолочного десерта на основе козьего молока, включающий подготовку молочной основы, пастеризацию, внесение желатина пищевого в виде 1% водного раствора, охлаждение до температуры заквашивания, внесение в молочную смесь заквасок бактерий, содержащих бифидобактерии, лактобактерии и молочнокислые стрептококки. В качестве бифодобактерий используют закваску бифидобактерий В-1 прямого внесения сухую, состоящую из штамма вида B. Bifidum. В качестве молочнокислых стрептококков и лактобактерий – лиофилизированную концентрированную заквасочную культуру прямого внесения «YO-MIX 401 LYO 100 DCU», содержащую смесь штаммов вида Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus. Перемешивание, сквашивание при температуре 38-42℃, до образования сгустка, охлаждение готового продукта до 4±2℃ с последующим его созреванием. В качестве молочной основы используют козье молоко с м.д.ж. 3,2%, которое подогревают до температуры 45℃ и смешивают с пищевым волокном «Цитри-Фай», оставляют на 20 мин. для набухания пищевых волокон. Далее смесь диспергируют в течение 20 мин., вносят сахар и экстракт боярышника в сухом виде, перемешивают, подогревают до температуры 65℃ и гомогенизируют в течении 10 мин. После охлаждения до температуры заквашивания вносят наполнитель пастеризованный для производства пищевых продуктов для раннего возраста «Абрикос-Морковь». Смесь перемешивают и вносят закваску, разливают в стерильную тару, укупоривают, затем отправляют в термостатную камеру и сквашивают в течение 4-5,5 ч до нарастания титруемой кислотности в пределах 65-70℃.

Результаты исследований и их обсуждение. Входящее в состав кисломолочного десерта козье молоко повышает пищевые свойства, за счет содержания в нем большого количества белка, витаминов и минералов. Функциональные свойства десерта обусловлены наличием в нем таких функциональных ингредиентов как, пищевые волокна «Цитри-Фай», экстракт боярышника сухой и смесь заквасок. Пищевые волокна «Цитри-Фай» являются источником клетчатки и в композиции с пробиотической микрофлорой полезные бактерии, живущие в кишечнике, вырабатывают ферменты и улучшают работу системы пищеварения. Экстракт боярышника повышает функциональные свойства продукта, за счет содержащихся в нем флавоноидов, органических кислот, каротиноидов, пектинов, холина и витаминов.

Исследованиями ряда авторов дана характеристика антиоксидантных свойств в молоке и молочных продуктах. Известно, что высокие значения антиоксидантно-энергетического потенциала были получены для молока козьего сырого, биолакта, ряженки и кефира (табл. 1).

Также растущая популярность функциональных продуктов привела к обогащению молочных продуктов натуральными травами, которые обладают целебными свойствами. Антиоксидантные, противомикробные компоненты, присутствующие в травах оказывают положительный эффект на здоровье человека. Из работы Г.А. Донской известно что, при внесение цикория в

ферментированный напиток, его антиоксидантная активность повышается. Обогащение молочных продуктов витаминами и микроэлементами повышает их антиокислительные свойства. Экспериментально обосновано использование антиоксидантов в качестве функциональных ингредиентов, способствующих стабилизации процесса хранения ферментированных продуктов и продлению их срока годности.

Таблица 1

Антиокислительная активность молочных продуктов

Наименование	АОА, мг/л вит С
Молоко коровье сырое	1,0560 ± 0,0203
Молоко козье сырое	1,5671 ±0,0157*
Молоко коровье пастеризованное	1,0111 ±0,0205
Кефир	3,1507 ±0,0567*
Биокефир	2,3544 ± 0,0976*
Ряженка	1,2697 ±0,0155*
Йогурт	2,0852 ± 0,0289*
Тан	0,6366 ± 0,0090*
Сливки	0,7534 ±0,0109*
Сыр плавленый	0,1871 ±0,00184*
Сырок творожный	0,2173 ±0,00215*
Биолакт	1,3266 ±0,0328*

Анализ физико-химических данных показал, что кисломолочный десерт на основе козьего молока обладает высокой пищевой ценностью (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели кисломолочного десерта на основе козьего молока

Наименование показателей	Характеристика
Массовая доля сухих веществ, %	32,40±1,00
Массовая для жира,%	3,20±0,50
Массовая доля белка, %	18,30±0,50
Массовая доля углеводов, %	5,33±0,50
Активная кислотность, pH	5,04±0,05

Анализ органолептических показателей показывает, что кисломолочный десерт на основе козьего молока обладает высокими органолептическими показателями (табл. 3).

Таблица 3.

Органолептические показатели кисломолочного десерта на основе козьего молока

Наименование показателей	Характеристика
Внешний вид, консистенция	Плотная, стабильная, с наличием включений фруктового наполнителя
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, с привкусом и запахом фруктового наполнителя, в меру сладкий
Цвет	Равномерный по всей массе, обусловлен цветом наполнителя

Производство кисломолочного десерта (рис. 2) термостатным способом на КПОО «Центр питательных смесей» реализуется на технологическом оборудовании (рис. 1).



подготовка молочной основы и заквашивание



розлив в тару и укупоривание



сквашивание в термостатной камере

Рис. 1. Аппаратурное оформление процесса производства кисломолочного десерта на основе козьего молока



Рис. 2. Готовый кисломолочный продукт

Заключение. На основании представленных данных по органолептическим и физико-химическим показателям, заявляемый способ получения кисломолочного десерта на основе козьего молока относится к

продуктам функционального питания, которые при систематическом употреблении оказывают благотворное воздействие на организм. Заявленный кисломолочный десерт на основе козьего молока обладает антиоксидантными свойствами за счет использования козьего молока в состав которого входит повышенное содержание аминокислоты цистеина, которая способна эффективно связывать тяжелые металлы, которые способствуют предотвращению антиокислительного стресса; за счет экстракта боярышника имеющего в своем составе полифенолы, являющиеся мощными антиоксидантными соединениями, нейтрализующими свободные радикалы, которые могут привести к окислительному стрессу.

Применение способа производства кисломолочного десерта на козьем молоке на предприятиях молочной промышленности, позволит улучшить ассортиментный ряд функциональных продуктов с набором жизненно важных показателей. Основными потребителями данного продукта могут стать все возрастные группы населения, без каких либо исключений. Рецептурно-композиционный состав заявляемого кисломолочного десерта включает в себя гипоаллергенное сырье, без каких-либо химических структурообразователей, и красителей.

Кисломолочный десерт на основе козьего молока, получаемый по заявляемому способу производства, был изготовлен и прошел расширенную дегустацию в научно-исследовательской лаборатории кафедры «Биотехнологии, технологии общественного питания и товароведения» Омского государственного технического университета.

Список литературы

1. Балаболкин, М.И. Сахарный диабет [Текст] / М.И. Балаболкин //Для тех, кто лечит. – 1999. – № 4. – С. 4-62.
2. Козлова, О.В. Биотехнология кисломолочного десерта [Текст] /О.В. Козлова, А.Ю. Просеков, С.И. Артюхова //Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. – С. 181-184.
3. Гетманец, В.Н. Особенности переработки козьего молока [Текст] / В.Н. Гетманец //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 5 (139). – С. 162-165.

Материал поступил в редакцию 18.09.24.

О.К. Зарифулина[1], Е.А. Молибога[1], М.А. Шадрин[1], К.М. Ваисов[1]

[1]Омск мемлекеттік техникалық университеті, Омск қ., Ресей

ЕШКІ СҮТІНЕН СҮТ ҚЫШҚЫЛЫ ДЕСЕРТ АЛУ ӘДІСІ

Аңдатпа. Халықтың дұрыс тамақтану туралы хабардарлығының артуына байланысты тұтынушылар табиғи десерт өнімдеріне көбірек басымдық бере бастады. Сүтті десерттер ерекше қызығушылық тудырады. Осыған байланысты функционалды сүт десерттерін жасау перспективалы болып табылады. Зерттеудің мақсаты ешкі сүтіне негізделген сүт қышқылы десертін жасау болды. Зерттеу объектілері: ешкі шикізатының сүті, құрамында бифидобактериялар, лактобактериялар және сүт қышқылы стрептококтары бар бактериялық стартерлердің қоспасы, ерте жастағы тамақ өнімдерін өндіру үшін пастерленген

толтырғыш «Өрік-Сәбіз», тағамдық талшық «Цитри-Фай», құрғақ долана сығындысы, 1% желатиннің сулы ерітіндісі, қант.

Тірек сөздер: тағамдық құндылығы, тамақ өнеркәсібі, дұрыс тамақтану, антиоксиданттар, ешкі сүті, ашытылған сүт десерті, функционалдық қасиеттері.

O.K. Zarifulina[1], E.A. Moliboga[1], M.A. Shadrin[1], K.M. Vaisov[1]

[1]Omsk State Technical University, Omsk, Russia

METHOD FOR PRODUCING FERMENTED MILK DESSERT BASED ON GOAT MILK

Abstract. Due to the growing public awareness of healthy nutrition, consumers have begun to favor natural dessert products more often. Dairy desserts are of particular interest. In this regard, the creation of functional dairy desserts is promising. The purpose of the study was the development of sour-milk dessert based on goat's milk. The objects of research were: goat's milk, a mixture of bacteria starter containing bifidobacteria, lactobacilli and lactic acid streptococci, pasteurized filler for the production of food products for early age “Apricot-carrot”, dietary fiber “Citri-Fai”, hawthorn extract dry, 1% aqueous solution of gelatin, sugar.

Keywords: nutritional value, food industry, healthy eating, antioxidants, goat milk, fermented milk dessert, functional properties.

References

1. Balabolkin, M.I. Sakharnyy diabet [Diabetes mellitus] //Dlya tekh, kto lechit [For those who treat]. – 1999. – No. 4. – P. 4-62. [in Russian].
2. Kozlova O.V., Prosekov A.YU., Artyukhova S.I. Biotekhnologiya kislomolochnogo deserta [Biotechnology of fermented milk dessert] //Sostoyaniye i perspektivy razvitiya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy spetsializirovannykh produktov pitaniya: Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [The state and prospects of development of the best available technologies for specialized food products: Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference]. – Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2019. – P. 181-184. [in Russian].
3. Getmanets, V.N. Osobennosti pererabotki koz'yego moloka [Features of goat milk processing] //Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2016. – No. 5 (139). – P. 162-165. [in Russian].

IRSTI 65.59.15

G.T. Oraz ©

PhD, Senior Lecturer
https://orcid.org/0000-0002-7652-5319
M.Kh. Dulaty Taraz University,
Taraz, Kazakhstan
oraz_gulzat@mail.ru

https://doi.org/10.55956/CILV8966

CUTTING METHOD OF BEEF HALVES FOR EXPORT

Abstract. The experiment relates to the meat industry and can be used for cutting beef half-carcasses in slaughterhouses for wholesale trade, mainly for export. The technical result of the claimed experiment is the cutting of beef half-carcass in accordance with international standards, which allows to export beef meat to foreign companies, since it fully meets all the stated requirements for these companies.

Keywords: beef, standard, scheme, carcasses, butchering, border, export, trade, harmonization.

Oraz G.T. Cutting method of beef halves for export //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.135-139. https://doi.org/10.55956/CILV8966

Introduction. Known interstate standard "GOST 32606-2013. Beef. Carcasses and cuts. Requirements for delivery and quality control" where it describes the cutting of beef half carcasses into 71 cuts, which of them 25 cuts on the bone and 46 cuts boneless meat. Graphical schemes and tables of cuts and their characteristics are shown in detail and visually. Differences of this cutting from the proposed one:

– the number of cuts does not meet the requirements of foreign companies, namely their greater number compared to the necessary, which entails difficulty for retail sales by these companies;

– meat processing plants need to purchase and maintain additional expensive equipment for cutting beef halves.

– some boundaries are not clearly defined, which causes some difficulties in deboning beef carcasses.

The interstate standard "GOST 31797-2012. Meat. Cutting beef into cuts. Technical conditions" where the boundaries of cuts are schematically outlined, names and their boundaries in the half carcass are described. The differences of this type of cutting:

– only the scheme of beef carcass cutting is drawn, without drawings of real cuts and their locations on the carcass;

– 24 cuts are drawn on the scheme, which does not meet the requirements of buyers [1-3].

Also known scheme of beef cutting for retail trade in Germany, based on which beef half carcass is cut along clear anatomical boundaries into 10 cuts,

which in turn does not meet the requirements of the buyer to the number of cuts of beef half carcass.

Comparing the literature data with in-depth analysis of our own research, we came to the conclusion that there is a need to define the boundaries of beef carcass cutting and to designate the exact number of cuts. The presented beef carcass cutting will allow to give the initial materials for the development of a new standard for beef according to international requirements. The main advantage of which is the harmonization of the beef carcass cutting scheme in order to sell meat to the consumer in accordance with its requirements [4,5].

Materials and methods. Beef half carcasses of meat breeds (Auliekol, Kazakh white-headed, Galloway) were cut in South-Eastern, Eastern and Northern regions of the Republic of Kazakhstan in early winter, spring, summer and autumn periods. Cutting was carried out at the enterprises of the Republic of Kazakhstan: 1) "Tumar" FE, Zhambyl region; 2) "Shamakhsut" LLP, Zhambyl region. Before cutting animals at this enterprise, they were subjected to full sanitary inspection. Cattle were raised and fattened on pastures of the Republic of Kazakhstan. Typical heads of cattle aged 18-30 months with live weight of 380-480 kg were selected for cutting. A total of 48 beef carcasses were cut into cuts.

Based on the preferences of retail and wholesale beef buyers, the authors proposed to divide the beef carcass into 26 cuts, the names and boundaries of which are outlined below:

1) boneless hind shank – obtained by deboning the hind shank;

2) heel muscle – obtained from the cut by separating the gloteobicceps muscle, consists of the gastrocnemiusflexor and superficialis muscles, both muscles should be retained;

3) inner thigh without top – obtained from the inner thigh by separating the gracilis muscle along the natural line of fusion, fat deposits are completely removed;

4) thigh eye – obtained from the outer thigh by separating the two muscles along the natural line of fusion: gluteobiceps gluteus maximus muscle and semitendinosus muscle of the thigh eye;

5) thigh flat of the outer thigh – obtained from the outer thigh by separating the flat of the outer thigh along the natural fusion line between the semitendinosus muscle eye and the flat of the outer thigh of the gluteobiceps muscle, the dense connective tissue at the edge of the peritoneum is removed;

6) ogusok – obtained from the thick part of the abdomen after removing the proper muscle, as well as the fat covering it and the lymph node located under the iliac bone;

7) boneless upper part of the hip cut without top – obtained from a group of gluteal muscles (superficial, middle, accessory and deep), separated from the iliac bone and stripped of the surface film and layer of subcutaneous fat;

8) loin – obtained from the hindquarter, separated in one piece from the ventral surface of the lumbar vertebrae and the lateral surface of the iliac bone, the small lumbar muscle psoasminor is not separated;

9) sirloin – obtained from the hindquarter by a cut at the lumbosacral junction to the abdominal part of the paschino;

10) thin part of the paschino – obtained from the hindquarter and partly from the forequarter by a cut that starts from the superficial inguinal lymph node, dissects the rectusabdominus muscle, goes along the contour of the thigh, continues to the 13th rib and runs along this rib to the abdominal surface;

11) ribbed edge of brisket – obtained from the forequarter after removing the scalp and scapular part of the rectangular cut, the line of separation of the ribbed edge of brisket is approximately 75 mm from the long muscle of the back and parallel to the vertebral column;

12) short part of the ribbed edge of brisket – obtained by cutting the ribbed edge of the breast cut in half;

13) short part of the rib edge of the brisket without top – obtained by cutting the rib edge of the pectoral cut in half and removing the fat cover;

14) boneless pectoral cut – obtained by deboning the pectoral cut, the fat cover and superficial fascia are removed;

15) triple top (triangle) – it is a part of the fasciaelatae muscle (triangular muscle), separated from the rump by the natural line of fusion between the tensorfasciae and gluteusmedius muscles;

16) dorsal flesh roll – it is obtained from the forequarter, and it consists of the long muscle of the back and the muscles connected to it, located under the dorsal portions of the ribs;

17) scapular flesh roulade – obtained from the scapular portion of a rectangular cut with bones, the cut line in the abdomen is approximately 75 mm from the longissimusdorsi (long back muscle) and parallel to the vertebral column near the 1st rib, the rhomboideus muscle is removed and the subscapuiaris (undercut) muscle remains firmly attached to the cut;

18) scapular flesh – obtained from the forequarter by separating along the natural line of fusion between the ribs and the latissimusdorsi, trapezius (proper muscle) and serratusventralis (subordinate muscle) muscles, located caudal to the humerus and under the scapular bone and includes a significant portion of the triceps muscles;

19) trimmed scapula – obtained by removing the subscapularis muscle from the medial surface of the scapular bone, this muscle has three parts, and it is refined as required;

20) tender scapula flesh – obtained from the scapula by separating the base of the scapula along the line of natural fusion from the infraspinastus muscle;

21) scapula base – obtained from the scapula by separating the infraspinatus and trapezius muscles caudal to the humerus, includes a significant portion of the triceps muscle group;

22) cervical – derived from the neck with bones, when the bone is cut, the cartilage, exposed tendon and umbilical ligament are removed;

23) cervical – separated from the forequarter by a grade cut running parallel and cranial to the first rib and through the junction of the 7th cervical and 1st thoracic vertebrae;

24) shank of the forequarter – obtained from the muscles of the front leg, namely the extensor and flexor muscle groups, the heel muscle is removed;

25) bones of the hind and foreleg – obtained from the hind and forequarter after deboning;

26) boneless meat in bulk – meat and fat trimmings are obtained after deboning the cuts [6-8].

Research results and discussion. The method of beef carcass cutting is characterized by the fact that the cutting into cuts is carried out along clear anatomical boundaries, which are named and later will be assigned identification numbers. Figure 1 shows a scheme of cutting a beef carcass into 2 cuts. The names of the 26 cuts of beef carcass are as follows: 1) boneless rear shank; 2) heel muscle; 3) inner thigh without top; 4) thigh eye; 5) flat cut of outer thigh; 6) scuttle; 7)

upper part of hip cut boneless without top; 8) tenderloin; 9) sirloin edge; 10) thin part of the breadcrumbs; 11) rib edge of the brisket; 12) short part of the rib edge of the brisket; 13) short part of the rib edge of the brisket without top; 14) boneless breast cut; 15) triple top (triangle); 16) roll of back flesh; 17) roll of shoulder flesh; 18) flesh of shoulder blade; 19) trimmed shoulder blade; 20) tender flesh of shoulder blade; 21) base of shoulder blade; 22) neck part; 23) neck part; 24) shank of forequarter; 25) bones of hind and front legs; 26) boneless meat in bulk.

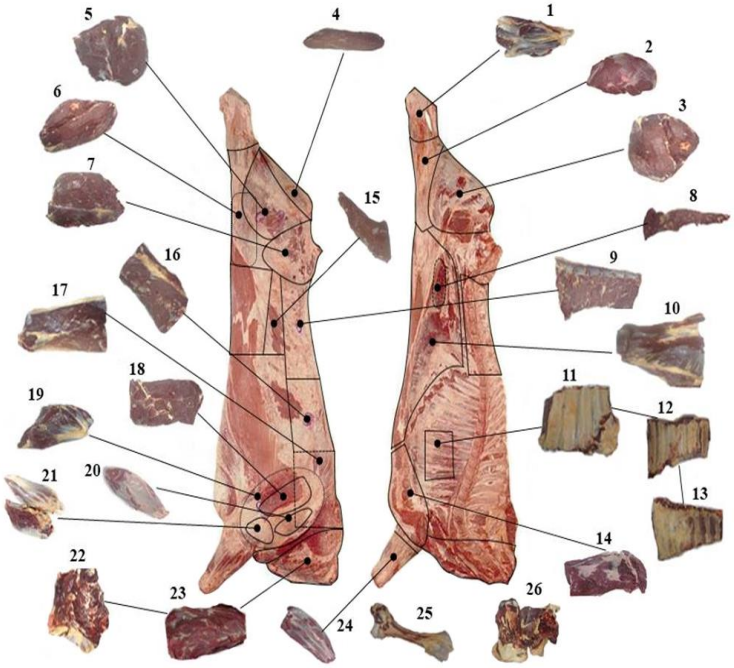


Fig. 1. Schematic of beef carcass cutting into cuts

Conclusion. Thus, the distinctive features of the proposed method of beef half carcass cutting are:

– when using the new cutting of beef half carcass there is an opportunity to multiply the number of meat supplies to foreign countries, and thus, subsequently there is an incentive to increase the number of cattle in our country;

– the proposed scheme of beef half carcass cutting fully meets the stated requirements of the companies, in particular, the required number of cuts and clearing from the surface film and fat cover in most cuts of beef;

– the new beef half-carcass cut meets all international sanitary and epidemiologic norms and beef safety standards.

References

1. ECE/TRADE/326 Bovine meat – carcases and cuts. United Nations: New york and Geneva, November 2004.
2. GOST 31797-2012. Myaso. Razdelka govyadini na otrubi. Tehnicheskie usloviya [Meat. Dressing of beef into cuts. Specifications]. – Introduced 01.07.2013. – Moscow: Standartinform, 2019. – 11 p. [in Russian].
3. Ajmuldinov E.A. Povishenie effektivnosti proizvodstva govyadini [Improving the efficiency of beef production]. – Orenburg: OGAU Publishing House, 2012. – 270 p. [in Russian].

4. Bulatov D.S. Eksport myasnoi produkcii_ novie vozmojnosti [Export of meat products_ new opportunities] //Meat industry – 2007. – No. 2. – P. 12-13. [in Russian].
5. Aitpaev A. Rezervi uvelicheniya proizvodstva govyadini [Reserves for increasing beef production] //Dairy and beef cattle breeding. – 2004. – No. 7. – P. 18-19. [in Russian].
6. Tatulov Yu.V. Sus I.V. Mittelshtein T.M. Neburchilova N.F. Bulichev I.N. Voskresenskii S.B. Sovremennie trebovaniya k ocenke kachestva i razdelke tush uboinih jivotnih [Modern requirements for quality assessment and cutting of carcasses of slaughtered animals] //All about meat. Anniversary issue. – 2005. – No. 4. – P. 42-43. [in Russian].
7. Karvusova T.I. Standartizaciya myasa i myasnoi produkcii [Standardization of meat and meat products] //Meat industry. – 2001. – No. 12. – P. 15-18. [in Russian].
8. Gutnik B.E., Sus I.V. Mitteliptein T.M. Bulichev I.N. Universalnaya razdelka govyajih tush [Universal cutting of beef carcasses] //Meat row. – 2005. – No. 2. – P. 64-65. [in Russian].

Material received on 20.09.24.

Г.Т. Ораз

М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Казақстан

ЭКСПОРТҚА АРНАЛҒАН СИЫР ЕТІНІҢ ЖАРТЫЛАЙ ҰШАСЫН КЕСУ ТӘСІЛІ

Аңдатпа. Эксперимент ет өнеркәсібіне қатысты және сою пункттерінде көтерме саудаға, негізінен экспортқа арналған жартылай ұшаларды кесу үшін пайдаланылуы мүмкін. Ұсынылып отырған тәжірибенің техникалық нәтижесі – халықаралық стандарттарға сәйкес ірі қара мал етінің жартылай ұшасын кесу, бұл шетелдік компанияларға сиыр етін экспорттауға мүмкіндік береді, өйткені ол аталған компанияларға қойылатын барлық талаптарға толық сәйкес келеді.

Тірек сөздер: сиыр еті, стандарт, схема, ұша, бөлу, шекара, экспорт, сауда, үйлестіру.

Г.Т. Ораз

Таразский университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

СПОСОБ РАЗДЕЛКИ ГОВЯЖЬИХ ПОЛУТУШ НА ЭКСПОРТ

Аннотация. Эксперимент относится к области мясной промышленности и может быть использован для разделки говяжьих полутуш в убойных пунктах для оптовой торговли, преимущественно для экспорта. Технический результат заявляемого эксперимента заключается в разделке говяжьей полутуши в соответствии с международными стандартами позволяющее реализовать на экспорт мясо говядины зарубежным компаниям, так как в полной мере соответствует всем заявленным требованиям для этих компаний.

Ключевые слова: говядина, стандарт, схема, туши, разделка, граница, экспорт, торговля, гармонизация.

IRSTI 65.59.15

A. Shoman[1] – *main author*,
K. Makangali[2] ©

[1]*PhD*, [2]*PhD, Associate Professor*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-7844-8601* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4128-6482*

[1]*Astana IT University, Astana, Kazakhstan*
[2]*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*

@ [1]*shoman_aruzhan@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ZIYQ7931

MATHEMATICAL MODEL FOR FOOD FORMULATION WITH MICROGREENS GROWN USING IOT IN VERTICAL FARMING

Abstract. This study aims to develop a mathematical model for optimizing food formulations that incorporate microgreens grown using Internet of Things (IoT) technologies in vertical farming systems. In this research, a factorial experimental design was employed to study the influence of three variable factors on the quality indicators of food products, including protein content (Y1), fat content (Y2), carbohydrate content (Y3), and organoleptic evaluation (Y4). Regression equations were derived to describe the non-linear relationships between these factors and the quality indicators. The second-degree polynomial regression models demonstrated how the combination of variables affected food formulation optimization. The results showed that the application of IoT in vertical farming provides valuable real-time data, enabling the adjustment of growing conditions to maximize the nutritional and functional value of microgreens. The mathematical models developed in this study provide insights into the optimal composition of multicomponent food products, ensuring higher nutritional value, improved texture, and better overall product quality.

Keywords: IoT, vertical farming, microgreens, mathematical modeling, food formulation.

Shoman A., Makangali K. Mathematical model for food formulation with microgreens grown using iot in vertical farming //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.140-146. https://doi.org/10.55956/ZIYQ7931

Introduction. Modern trends in the food industry and agriculture demonstrate a growing interest in sustainable food production [1]. In the face of global climate change, population growth, and urbanization, humanity faces new challenges that require innovative approaches to food cultivation and production. One promising technology is vertical farming, which allows agricultural products to be grown in limited urban spaces while minimizing the use of land and water [2].

Of particular interest is the cultivation of microgreens – young plant shoots that are highly nutritious and possess antioxidant properties. Microgreens not only contain high concentrations of vitamins and minerals but are also becoming increasingly popular as an ingredient in various food products due to their organoleptic and health benefits. However, the effective integration of microgreens

into food formulations requires the development of mathematical models that can optimize the composition of food products and their production processes. Studies dedicated to mathematical models for food product development explore ways to optimize ingredient composition and improve the nutritional value of foods [3]. Kumar et al. discuss methods that help predict product properties, such as taste, texture, and stability [4]. Valdramodos et al. show how models can predict changes in product quality depending on storage conditions and composition [5].

The integration of Internet of Things (IoT) technologies into vertical farming processes creates new opportunities for precise control over growing conditions, such as temperature, humidity, lighting, and nutrient solution composition. The use of IoT allows for the collection of large volumes of real-time data, which paves the way for more accurate and adaptive models to manage the microgreen growing process [6].

The aim of this study is to develop a mathematical model that incorporates data on microgreen cultivation using IoT technologies to optimize food formulations. Such a model will not only improve production processes but also enable the creation of more nutritious and environmentally sustainable food products.

The introduction of IoT in vertical farming, supported by mathematical modeling, could be an important step toward sustainable and highly efficient food production in urban environments, minimizing environmental impact and increasing the availability of healthy food to the population.

Materials and methods. To optimize the formulation and technology of food products, the impact of raw material content on organoleptic evaluation, and the mass fractions of proteins, fats, and carbohydrates was studied using the method of experimental mathematical factorial design.

While developing the system of indicators (factors), the influence of three factors on food product quality (Y1 – Protein, %; Y2 – Fat, %; Y3 – Carbohydrate, %; Y4 – Organoleptic evaluation, points) was examined: the amount of the main raw material (X1), the amount of plant additive (X2), and the amount of protein (X3) (Table 1).

Table 1

Variable factors of food products, their variation intervals and limit values

Variable factors	Designations	Levels			Variation interval
		-1	0	1	
Main raw material size, %	X1	82	84	86	2
Amount of vegetable mixture,%	X2	0,5	1	1,5	0,5
Protein hydrolyzate content,%	X3	3	5	7	2

According to a complete three-factor project of experiments, a study was carried out on the qualitative process of herodietic cooked sausage.

The regression equation obtained in a full factor experiment is expressed as a polynomial of the first degree:

$$y(x_1, \dots, x_k) = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ (i \neq j)}}^{k} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

The second-order XiXj terms in the equation for i≠j represent the effects of the combined interaction between Xi and Xj on the values of Y1,Y2,Y3 and Y4, in

addition to their linear effects. The XiXj terms for i=j represent the nonlinear change in Y when the i-th argument changes.

Using Microsoft Excel 2013 and the Statistica 12.0 software package for mathematical processing of experimental data and removing insignificant coefficients, regression equations were obtained that adequately describe the dependence of technological factors (Y1, Y2, Y3, Y4) on food quality indicators (X1, X2, X3).

Research results and discussion. The regression equation for Y1 – protein, %, will look like this: $Y1 = 16{,}6932 – 0{,}2281*X2 + 0{,}5725*X3 + 0{,}0933*X2^2 – 0{,}0908*X2*X3 + 0{,}0021*X3^2$

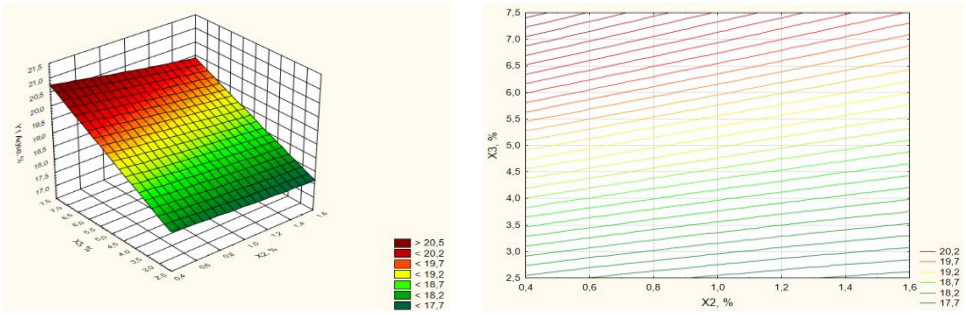


Fig. 1. Spatial surface and equal-level lines showing the effect of factors X2 and X3 on the optimization parameter Y1

The regression equation for Y2-fat, %, will look like this: $Y2 = 2569{,}6146 – 58{,}8813*X1 – 20{,}3808*X3 + 0{,}3383*X1^2 + 0{,}2427*X1*X3 – 0{,}0604*X3^2$

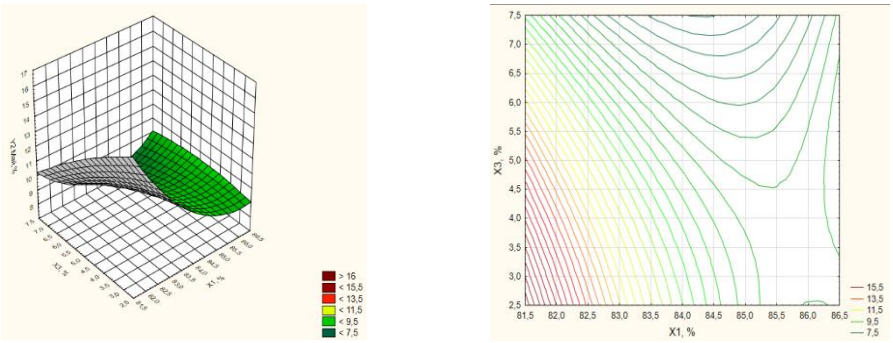


Fig. 2. Spatial surface and equal-level lines showing the effect of factors X1 and X3 on the optimization parameter Y2

The regression equation for Y3 – carbohydrate,%, is as follows:

$Y3 = 574{,}7104 - 13{,}5903*X1 - 5{,}6367*X2 + 0{,}0807*X1^2 + 0{,}0683*X1*X2 + 0{,}1178*X2^2$

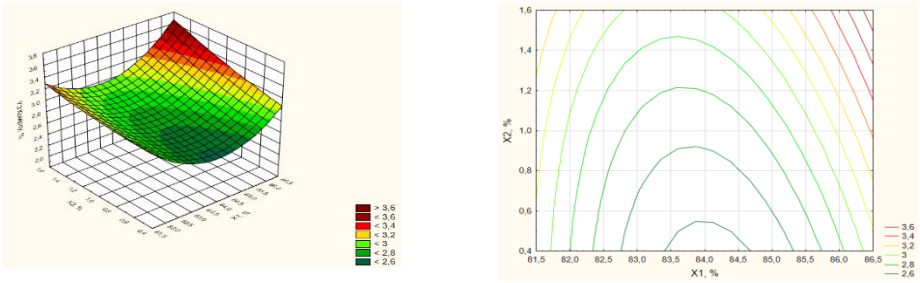


Fig. 3. Spatial surface and equal-level lines showing the effect of factors X1 and X2 on the optimization parameter Y3

Y4-organoleptic assessment, score, regression equation will look like this: $Y4 = 3{,}7069 + 0{,}5806*X2 + 0{,}5861*X3 - 0{,}3333*X2^2 - 0{,}025*X2*X3 - 0{,}0708*X3^2$

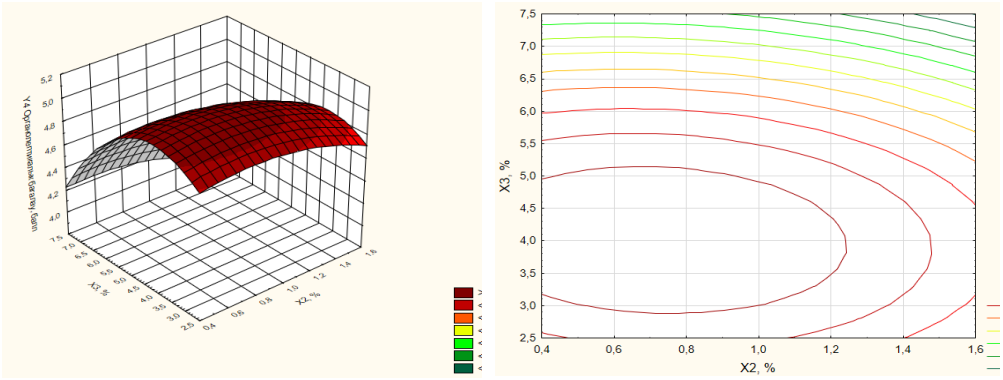


Fig. 4. Spatial surface and equal-level lines showing the effect of factors X2 and X3 on the optimization parameter Y4

According to Figures 1-4, the color markers indicate the value of the corresponding indicator through intensity. By using these markers, the range of variable values where the food quality indicators reach their maximum can be determined.

The obtained modeling results allowed for the scientific justification of the optimal composition of multicomponent factors for food preparation. The goal was to find the maximum of the objective function – the value of protein (Y1).

$$\begin{cases} Y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3) \rightarrow max; \\ minx_i \leq x_i \leq maxx_i, i = 1{,}2{,}3; \end{cases} \quad (2)$$

The optimal results of the above problems and the numerical values of the lower and upper bounds are summarized in Table 2.

Table 2

Optimal solution of multicomponent factors for the preparation of food products

Variables	X1	X2	X3	У1	У2	У3	У4
Optimal values	86	1	7	19,0194	8,3794	3,1564	4,4127
Lower limit	82	0,5	3	17,12	7,46	2	4,2
Upper limit	86	1,5	7	20,92	15	3,68	5

Therefore, the optimal solution allows you to significantly improve the use of food products obtained in such conditions, since the border conditions are fully satisfied here.

By analyzing the relationships between food product indicators and the factors influencing them, it was determined that in most cases their non-linear nature corresponds to the conducted experiment. The search for multivariable dependencies was carried out under conditions of limited experimental data and a priori uncertainty regarding the form of regression functions for food quality indicators. In such cases, the regression equation is presented as a second-degree polynomial.

The behavior of food quality indicators, which vary depending on the composition of multicomponent factors, is shown in Figures 1-4. The same levels of the indicated values of food quality indicators are highlighted in the three-dimensional diagrams using a wireframe or various shading. When these surface diagram elements are identical, the levels have the same meaning.

The constructed surface diagram allows identifying the optimal combination of mixture components, which would be difficult to determine from the available data alone.

According to Figures 1-4, the contour lines of the equal levels of the convex and concave surfaces, described by equations, are shown for food product indicators. These diagrams made it possible to evaluate the hidden structure of each indicator's convex and concave surface and to identify the complex non-linear relationships between the variables under study.

Conclusion. Thus, based on the obtained regression equations, three-dimensional graphs were constructed that reflected the nonlinear relationship between variable factors and qualitative indicators. The optimal values for the combination of factors providing the maximum protein content (Y1) were: X1 = 86%, X2 = 1%, X3 = 7%. With these parameters, the protein content (Y1) reached a maximum of 190.194%, the fat content (Y2) was 83.794%, carbohydrates (Y3) – 31.564%, and the organoleptic score (Y4) – 44.127 points.

The use of these models allows us to scientifically substantiate the composition of multicomponent food products and achieve the best technological indicators, such as improving texture, increasing nutrient content and increasing organoleptic characteristics. This study demonstrated that the integration of IoT and mathematical modeling can significantly improve the efficiency and quality of food production, especially in an urban environment where vertical farming is a promising solution.

References

1. Qu B. et al. Perspectives on sustainable food production system: Characteristics and green technologies //Journal of Agriculture and Food Research. – 2024. – P. 100988.
2. Rathor A.S. et al. Empowering vertical farming through IoT and AI-Driven technologies: A comprehensive review //Heliyon. – 2024.

3. Partap M. et al. Microgreen: A tiny plant with superfood potential //Journal of Functional Foods. – 2023. – Vol. 107. – P. 105697.
4. Valdramidis V., Frias J.M. Predicative Modelling of Food Quality and Safety Special Issue. – 2012.
5. Kumar M. et al. Mathematical modeling of food processing operations: a basic understanding and overview //Turkish Journal of Agricultural Engineering Research. – 2021. – Vol. 2. – No. 2. – P. 472-492.
6. Ng H. T. et al. IoT-enabled system for monitoring and controlling vertical farming operations //Int J Reconfig Embedded Syst. – 2023. – Vol. 12. – No. 3. – P. 453-461.

This research is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the scientific program BR24992852 "Intelligent models and methods of Smart City digital ecosystem for sustainable development and the citizens' quality of life improvement".

Material received on 23.09.24.

А.Е. Шоман[1], Қ.Қ. Мақанғали[2]

[1]Astana IT University, Астана қ., Қазақстан
[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

ВЕРТИКАЛДЫ ЕГІНШІЛІКТЕ IOT КӨМЕГІМЕН ӨСІРІЛГЕН МИКРОШӨП ҚОСЫЛҒАН ТАҒАМДЫҚ РЕЦЕПТУРАСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Бұл зерттеу вертикалды егіншілік жүйелерінде IoT технологиялары арқылы өсірілген микрошөп қамтитын азық-түлік қоспаларын оңтайландырудың математикалық моделін жасауға бағытталған. Бұл зерттеуде ақуыздың (Y1), майдың (Y2), көмірсулардың (Y3) және органолептикалық бағалаудың (Y4) құрамын қоса алғанда, тамақ өнімдерінің сапа көрсеткіштеріне үш айнымалы фактордың әсерін зерттеу үшін факторлық эксперименттік дизайн қолданылды. Регрессия теңдеулері осы факторлар мен сапа көрсеткіштері арасындағы сызықтық емес қатынастарды сипаттау үшін алынды. Екінші дәрежелі көпмүшелік регрессия модельдері айнымалылардың тіркесімі тағам құрамын оңтайландыруға қалай әсер еткенін көрсетті. Нәтижелер вертикалды егіншілікте IoT қолдану микрошөптің тағамдық және функционалдық құндылығын барынша арттыру үшін өсу жағдайларын реттеуге мүмкіндік беретін нақты уақыттағы құнды деректерді беретінін көрсетті. Осы зерттеуде әзірленген математикалық модельдер жоғары тағамдық құндылықты, жақсартылған құрылымды және өнімнің жалпы сапасын жақсартуды қамтамасыз ететін көп компонентті тағамдардың оңтайлы құрамы туралы түсінік береді

Тірек сөздер: IoT, вертикалды егіншілік, микрошөп, математикалық модельдеу, тағамдық құрам.

А.Е. Шоман[1], Қ.Қ. Мақанғали[2]

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУРЫ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С МИКРОЗЕЛЕНЬЮ, ВЫРАЩЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Аннотация. Это исследование направлено на разработку математической модели для оптимизации рецептур пищевых продуктов, включающей микрозеленые растения, выращенные с использованием технологий Интернета вещей (IoT) в системах вертикального земледелия. В этом исследовании был использован факторный экспериментальный подход для изучения влияния трех переменных факторов на показатели качества пищевых продуктов, включая содержание белка (Y1), жира (Y2), углеводов (Y3) и органолептическую оценку (Y4). Были выведены уравнения регрессии для описания нелинейных взаимосвязей между этими факторами и показателями качества. Модели полиномиальной регрессии второй степени продемонстрировали, как сочетание переменных влияет на оптимизацию рецептуры продуктов. Результаты показали, что применение Интернета вещей в вертикальном земледелии позволяет получать ценные данные в режиме реального времени, что позволяет корректировать условия выращивания для максимального повышения питательной и функциональной ценности микрозелени. Математические модели, разработанные в этом исследовании, позволяют получить представление об оптимальном составе многокомпонентных пищевых продуктов, обеспечивая более высокую питательную ценность, улучшенную текстуру и общее качество продукта.

Ключевые слова: IoT, вертикальное земледелие, микрозелень, математическое моделирование, рецептура продуктов питания.

IRSTI 65.55.33

A.N. Serikbayeva[1] – *main author*,
A. Muratkhankyzy[2], M.B. Aliyeva[3], S.E. Ibraimova[4],
D. Abdikhanova[5], G.Sh. Dzhumabekova[6]

[1]*PhD, Assistant Professor,* [2,5]*Master student,*
[3]*Candidate of Philosophy Sciences, Assistant Professor,*
[4]*PhD, Assistant Professor,* [6]*Master, Lecturer*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-8252-1034* [2]*https://orcid.org/0009-0009-1905-6809*
[3]*https://orcid.org/0009-0002-5373-1475* [4]*https://orcid.org/0000-0002-9439-7461*
[5]*https://orcid.org/0009-0006-2693-6933* [6]*https://orcid.org/0000-0002-6375-3128*

[1,2,3,4,5]*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*
[6]*International University of engineering and technology, Almaty, Kazakhstan*

@ [1]*ayana-sn@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/ZCCL4005

APPLICATION OF HACCP PRINCIPLES TO ENSURE QUALITY AND SAFETY IN THE PRODUCTION OF SPICE AND FLAVOUR COMPOSITIONS BASED ON BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF PLANT RAW MATERIALS

Abstract. The abstract of the research considers the need to develop effective systems of food quality and safety management in the conditions of rapid development of food industry technologies. Modern consumers strive for products with low calorie content, enriched with useful substances, which requires the creation of new spice and flavour compositions with high biological value.

This study developed a HACCP plan model for a company producing spice and aroma compositions based on sprouted grains for first courses. Three critical control points (CCPs) were identified using a decision tree: the germination stage of the grain, the processing stage during germination and the packaging stage. For each CCP, control measures were identified and a detailed HACCP plan was developed to effectively manage biological, physical and chemical risks, ensuring consistent quality and safety of the final product. Thus, the application of HACCP principles in the production of spice and flavour compositions will significantly improve their safety and competitiveness in the modern market.

Keywords: HACCP, quality management system, spice and flavour compositions, critical control points, sprouted cereals.

Serikbayeva A.N., Muratkhankyzy A., Aliyeva M.B., Ibraimova S.E., Abdikhanova D., Dzhumabekova G.Sh. Application of HACCP principles to ensure quality and safety in the production of spice and flavour compositions based on biologically active substances of plant raw materials //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.147-154. https://doi.org/10.55956/ZCCL4005

Introduction. With the rapid development of technology in the food industry, the requirements for the quality and safety of food products, including spice and flavour compositions, are increasing. Modern consumers increasingly choose products with low calorie content, enriched with useful substances and

having functional properties. In this regard, there is a need to develop new types of spice and aroma compositions that not only improve the flavour of food, but also have increased biological value [1,2].

Today, the market offers traditional seasonings of various national cuisines, the quality of which has been shaped over centuries. However, industrial analogues often fail to meet the high expectations of consumers due to simplified compositions and excessive spiciness. To address this problem, innovative approaches are needed that include the use of natural ingredients such as seeds, roots, berries, leaves, fruits and medicinal herbs. The inclusion of such ingredients in seasonings allows the creation of products that not only have unique flavours but also carry health benefits [3]. Increased requirements to the quality and safety of food products necessitate the introduction of effective management systems at enterprises. It is important to take into account both external factors (competition, consumer expectations, quality of raw materials) and internal factors (technological processes, efficiency of quality control system). Special attention is paid to the identification and management of risks at all stages of production [4]. The HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) system is now a recognised standard for food safety management. Its implementation allows companies to monitor potential risks at every stage of the production chain and react quickly to possible deviations. This system provides a comprehensive approach to quality and safety management, which is especially important in the production of products with high biological activity, such as spice and flavour compositions [5].

Thus, modern seasoning production requires not only innovations in technology, but also careful control at all stages. The application of HACCP principles in the quality management system is relevant. It will significantly improve the safety and competitiveness of products, meeting modern market requirements.

Materials and methods. The HACCP model method aims to develop a system that ensures food safety at all stages of production. The HACCP model is based on seven key principles that help to identify and control potential risks.

1. Risk Analysis: The first step is to identify all possible hazards at each stage of production. This is so that the team can assess the risks and develop appropriate measures to eliminate or mitigate them.

2. Identification of Critical Control Points (CCPs): Based on the threat analysis, the KCTs – the stages where controls can be applied to prevent or eliminate threats – are identified. For this purpose, a decision tree is used to help identify such points in a logical manner.

3. Setting Critical Limits: For each KCT, acceptable values (critical limits) are set that must be maintained to prevent risks. In some cases, there may be more than one critical limit.

4. Monitoring system: Monitoring procedures are developed for each KCP to monitor compliance with the critical limits. This is necessary to detect deviations in a timely manner.

5. Corrective actions: If deviations from critical limits are identified, corrective actions are developed. These are aimed at eliminating deviations and restoring control over the KCP.

6. System validation: Regular checks and tests are necessary to validate the effectiveness of the HACCP system. This may include random sampling and analyses to ensure that the system is working correctly.

7. Documentation and record keeping: All steps and activities in the HACCP system should be documented. This is necessary to ensure transparency and efficiency of the system.

These principles help to create a safe food production system, minimising risks to consumers [6-7].

Research results and discussion. Critical control points (CCPs) were identified at each production step in the production of spice and flavour compositions based on biologically active substances of plant raw materials using a decision tree. A monitoring system was developed for each CCPs, which allows the control and measurement procedure to be carried out according to a plan and to detect violations of critical limits. A decision tree was proposed to identify the risk factors [8]. The analysis of risk factors within the HACCP system assesses the probability of their occurrence and the potential severity of their impact. At each stage of production, all possible risks are identified and then specific actions and procedures are developed to prevent threats. The HACCP plan includes biological, chemical and physical hazards. For each critical control point (CCPs), the HACCP system provides for the control of all identified hazards using monitoring procedures, corrective actions, and mandatory precautionary actions to ensure that risks are properly managed at each stage of production [9].

Determination of critical control points at the stages of production of spice and aromatic compositions based on biologically active substances of plant raw materials. Hazardous factors are analysed taking into account the probability of their occurrence and potential impact on product safety. All possible hazards are identified at each stage of the production process, after which actions and procedures are developed to prevent them. For example, the greatest danger in the production of spice and flavour compositions based on biologically active substances of plant raw materials, such as sprouted grains, are biological factors. These factors can have serious consequences for human health. Table 1 summarises the results of the analysis, identification of hazardous factors and identification of control measures to manage the production process of spice aroma compositions. Q. 1: Are there controlled preventive measures? Q. 2: Is the stage specifically designed to eliminate or reduce the possibility of threats to an acceptable level? Q. 3: Can the contamination with the found hazards be strongly higher than the permissible level or increase to an acceptable level? Q. 4: Will the next stage eliminate the threats found or reduce the chances and acceptable level of their occurrence?

Table 1

Critical control points and management measures in the production phase of spice and flavour compositions

No.	Processes	Risk factor		Control measures (CPP or work instructions)	Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	CCP
1	2	3		4	5	6	7	8	9
1	Reception of raw materials (grains, vegetables and other ingredients)	B	Presence of biological hazards in grain and other raw materials	Microbiological and chemical analysis of raw materials and ingredients. Standard working order for raw materials. Suppliers of materials.	Yes	No	No	–	CCP (MPE)
		Ch	Impurities and residues of heavy metals, chemicals						
		Ph	Foreign objects						

Table 1 (continued)

1	2	3		4	5	6	7	8	9
2	Washing grains (t 18°C)	B	No	Standard working order	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
		Ch	Waste of heavy metals, chemicals						
		Ph	Foreign objects						
3	Soaking in water (t 18-20°C, 6-8 h.)	B	No	The grain is frozen in water (t 18-20°, 5-6 h.)	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
		Ch	No						
		Ph	No						
4	Growing grain sprouts (24-72 h., t 21,5°C)	B	No	The soaked grain is sprouted at room temperature for 24-72 hours. Watch with your eyes. Workers ' claims insurance	Yes	No	No	–	CCP (plan HACCP)
		Ch	No						
		Ph	Foreign objects						
5	Processing when sprouting grain (every 12 hours)	B	The growth of microorganisms is justified by the expiration date of the disinfectant	When growing sprouts, we process them according to the method, the expiration date of the processing tool is not effective	Yes	Yes	-	-	CCP (plan HACCP)
		Ch	No						
		Ph	No						
6	Drying (t 40-45°C,4-5 h. W 14-15%)	B	No	Temperature and humidity are controlled during grain drying (t 40-45°C, 4-5 h. W 14-15%)	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
		Ch	No						
		Ph	No						
7	Grinding (1-2 mm)	B	No	When grinding, the volume of all ingredients is controlled (sieve No. 1,2, not lower than 80%)	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
		Ch	No						
		Ph	No						
8	Mixing all ingredients (3-4 min)	B	No	The mixing time of all ingredients is controlled (3-4 min)	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
9	Coating (50 g)	B	Microbial growth due to the release and absorption of moisture from the environment	Humidity control by ensuring room temperature and humidity, testing the package for leakage and humidity. Personnel hygiene routine, requirements for the cleanliness of the packing machine and weighing machine	Yes	Yes	No	–	CCP (plan HACCP)
		Ch	Chemical risk from the material from which the packaging is made						
		Ph	Presence of foreign objects during measurement or shaping						
10	Save (12 m, t 18-20ºC, W 75%)	B	No	When storing the finished product, temperature and humidity are monitored	Yes	No	–	–	CCP (MPE)
		Ch	No						
		Ph	No						

Hazards in the production process are defined as biological (B), physical (F) or chemical (X) factors that can make a product unsafe for consumption. Table 1 shows the decision matrix diagram analysis for identifying process hazards and critical control points (CCPs). According to the data in the table, there are three CCPs identified in the production process: grain germination stage, germination processing stage and packaging stage.

The grain germination stage has a physical risk due to the possible ingestion of foreign objects. The grain processing stage also has a biological risk - the use of

expired equipment reduces its effectiveness and can lead to product contamination. At the packaging stage, both biological and physical risks have been identified: possible leaks and absorption of moisture from the environment can cause microbial growth, which also poses a threat to product safety. To avoid contamination of foodstuffs, critical limits must be established to define specific quantitative values that can be monitored. The process flow diagram for the production of spice and flavour compositions with the identified risk management measures is shown in Figure 2. Figure 2 shows the process flow diagram for spice and flavour compositions based on sprouted grains. This made the process more open by visually observing the production process. Any potential risks were analysed and risks that could affect food safety and quality were considered, and a definition of KKT was obtained.

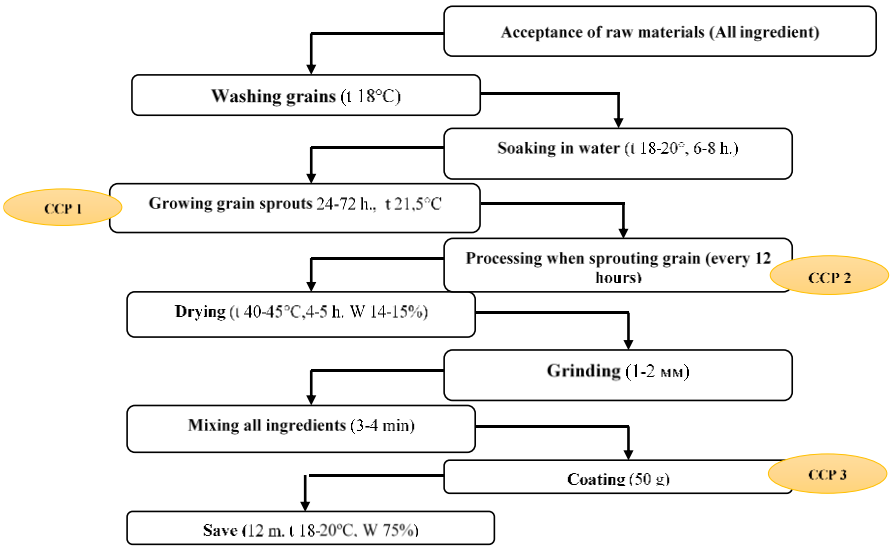


Fig. 2. Process flowchart

HACCP Work Plan.

Once the risk factors have been identified, critical limits must be set and monitoring procedures must be fixed, corrective actions must be taken, i.e., these processes must be applied if the results of monitoring in the TSC show that the process is out of control. A HACCP work plan of critical control points in the production of spice and flavour compositions based on sprouted grains has been developed (Table 2).

Table 2

HACCP work plan

Process	Growing grain sprouts 24-72 h., W 40-60%	Prepares to process when growing grain sprouts (t 40-45°C, 12 h., W 15-20%)	Coating
1	2	3	4
Danger	Physical danger	Biological and Physical danger	Biological and Physical danger

Table 2 (continued)

1	2	3	4
Control measure	Production control	Production control	Control air temperature and humidity. Leak testing
Critical threshold	Not allowed	Storage temperature of the preparation (0±5°C) storage period not more than 2 days	There should be no leakage. Control the temperature and humidity of the cladding room (<30°C and <60%)
How to	Checking the condition of the warehouse. Control the procedure. Workers ' claims insurance	Temperature time control	Automatic Coating and leakage control in controlled temperature room
Who	Production manager	Production manager	Packaging operator and Quality Control Department
Frequency	Every day	Every day	Every 30 minutes (checking packages, temperature and humidity)
Recording	Control and logging	Control and logging	Leak test report
Correctional work	Visual control. Review	Elimination of inappropriate processing drug	Open the finished packaging shell and check the entire batch
Solution	The temperature and duration of germination when sprouting grain is fixed	In order to reduce biological risks during the cultivation of grain sprouts, treatment with 3% shakurai aqueous tincture was chosen	Monitoring the temperature and humidity of the packaging room, choosing quality packaging

Table 2 is the HACCP work plan for spice and flavour compositions based on sprouted grains that potential hazards need to be controlled. This table lists all potential hazards, control point, critical constraints, responsible person, frequency, record, corrective action and verification. Three KCTs were identified: (1) grain germination stage, (2) processing stage during grain germination and (3) packaging stage.

For each control measure, monitoring frequencies and procedures were established to show that the controlled activities are being monitored. These requirements together constitute a monitoring system that provides all planned measurements and observations associated with the threat. Monitoring methods and frequency ensure that exceedances are detected in a timely manner so that product can be isolated prior to use or delivery. Planned adjustments and corrective actions for control points are reflected in the HACCP plan. Therefore, the implementation of the HACCP plan requires the participation of all qualified employees working in production at all stages. In addition, a logical and validated HACCP plan can help food market operators to improve food safety management.

Conclusion. In this study, a HACCP plan model was developed for a sprouted grain-based spice and flavour composition manufacturing facility for first

courses to improve product safety and quality. Using a decision tree, three critical control points (CCPs) were identified: (1) the germination stage of the grain, (2) the processing stage during germination, and (3) the packaging stage. Control measures were developed for each CCP and a detailed HACCP plan was developed to effectively manage biological, physical and chemical risks, ensuring consistent quality and safety of the end product.

References

1. Analysis of the spice market in Kazakhstan for 2015-2019. "Tebiz Group" [Electronic resource]. Access mode: https://tebiz.ru.10.01.2021. [in Russian].
2. Gavrilova, A. Spetsii i pripravy [Spices and seasonings]. – Moscow: Ripol klassik, 2013. – 128 p. [in Russian].
3. Orynbasarova B.A., Tasybayeva SH.B. Ispol'zovaniye pryano-aromaticheskikh rasteniy Yuzhnogo Kazakhstana v proizvodstve sousov priprav [Use of spicy and aromatic plants of Southern Kazakhstan in the production of sauces and seasonings] //World science. – 2018. – No. 2(30). – P. 72-78. [in Russian].
4. Pozdnyakova N.A. Formirovaniye sistemy kachestva na osnove printsipov KHASSP v ZAO «Glinki» g. Kurgana [Formation of a quality system based on the principles of HACCP in ZAO Glinki, Kurgan] //Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. – 2015. – Vol. 3. – No. 2. – P.72-81. [in Russian].
5. Mardar M., Ustenko I., Macari A, Znachek R. Application of HACCP principles for quality and safety in the development of grain prodacts of weness purpose //Annals. Food Science and Technology. – 2017. – Vol.18. – Issue 2. – P. 144.
6. Mayurnikova L.A., Gubanenko G.A., Koksharov A.A. KHASSP na predpriyatiyakh obshchestvennogo pitaniya [HACCP in catering establishments]: textbook. – Moscow: Lan, 2020. – P. 11-15. [in Russian].
7. Serikbaeva A., Tnymbaeva V., Mardar M., Tkachenko N., Ibraimova S., Uazhanova R. Determining optimal process parameters for sprouting buckwheat as a base for a food seasoning of improved quality //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, – 2021. – No. 4/11 (112). – P. 6-16.
8. Serikbayeva A.N., Tnymbayeva B.T., Ibraimova S.Ye., Dzhumabekova G.SH., Samadun A.I. Razrabotka novogo vida pripravy na osnove prorashchennogo zerna grechikhi sorta «Bogatyr'» [Development of a new type of seasoning based on sprouted buckwheat grain of the "Bogatyr" variety] //The Journal of Almaty Technological University. – 2022. – Vol. 2. – P.73-80. [in Russian].

Material received on 14.10.24.

А.Н. Серикбаева[1], А. Мұратханқызы[1], М.Б. Алиева[1], С.Е. Ибраимова[1], Д. Әбдіханова[1], Г.Ш. Джумабекова[2]

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

ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН АЩЫ-ХОШ ИІСТІ КОМПОЗИЦИЯЛАР ӨНДІРІСІНДЕ САПА МЕН ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН НАССР ПРИНЦИПТЕРІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Зерттеу жұмысында тамақ өнеркәсібі технологияларының қарқынды дамуы жағдайында тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін басқарудың тиімді жүйелерін әзірлеу қажеттілігі қарастырылады. Қазіргі тұтынушылар биологиялық құндылығы жоғары жаңа ащы-хош иісті композициялар жасауды қажет ететін пайдалы заттармен байытылған калориясы төмен тағамдарға ұмтылады.

Зерттеу барысында алғашқы тағамдарға арналған өнген дәндерге негізделген ащы-хош иісті композициялар шығаратын кәсіпорын үшін НАССР жоспарының моделі

жасалды. Шешім ағашын пайдалану арқылы үш сыни бақылау нүктесі (СБН) анықталды: дәннің өскінін өсіру кезеңі, өскінін өсіру кезіндегі өңдеу кезеңі және орау кезеңі. Әрбір СБН үшін бақылау шаралары айқындалып, түпкілікті өнімнің тұрақты сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, биологиялық, физикалық және химиялық тәуекелдерді тиімді басқаруға мүмкіндік беретін НАССР-дің жұмыс жоспары жасалды. Осылайша, НАССР принциптерін ащы-хош иісті композициялар өндірісінде қолдану олардың қауіпсіздігі мен қазіргі нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін едәуір арттырады.

Тірек сөздер: НАССР, сапаны басқару жүйесі, ащы-хош иісті композициялар, сыни бақылау нүктелері, өнген дәнді дақылдар.

А.Н. Серикбаева[1], А. Муратханкызы[1], М.Б. Алиева[1], С.Е. Ибраимова[1], Д. Абдиханова[1], Г.Ш. Джумабекова[2]

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ НАССР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В аннотации к исследованию рассматривается необходимость разработки эффективных систем управления качеством и безопасностью продуктов питания в условиях стремительного развития технологий пищевой промышленности. Современные потребители стремятся к продуктам с низким содержанием калорий, обогащенными полезными веществами, что требует создания новых пряно-ароматических композиций, обладающих высокой биологической ценностью.

В ходе исследования была разработана модель плана НАССР для предприятия, производящего пряно-ароматические композиции на основе пророщенных зерен, предназначенных для первых блюд. С использованием дерева решений были идентифицированы три критические контрольные точки (ККТ): стадия проращивания зерна, стадия обработки при проращивании и стадия упаковки. Для каждой ККТ определены контрольные меры и составлен подробный план НАССР, что позволит эффективно управлять биологическими, физическими и химическими рисками, обеспечивая стабильное качество и безопасность конечной продукции. Таким образом, применение принципов НАССР в производстве пряно-ароматических композиций значительно повысит их безопасность и конкурентоспособность на современном рынке.

Ключевые слова: НАССР, система управления качеством, пряно-ароматические композиции, критические контрольные точки, пророщенные злаки.

ҒТАМР 65.29.33

Ә.Ә. Оспанов[1] – *негізгі автор*, **Н.Ж. Муслимов[2], А.К. Тимурбекова[3], А.Т. Алмаганбетова[4]**

[1]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [2]Техн. ғылым. д-ры, қауымдас. профессор, [3]Техн.ғылым. канд., доцент, [4]Магистр, аға оқытушы

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-3813-603X [2]https://orcid.org/0000-0002-0302-2817 [3]https://orcid.org/0000-0001-5955-9253 [4]https://orcid.org/0000-0002-3141-3049*

[1,3,4]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан [2]Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз инновациялық институты, Тараз қ., Қазақстан

[1]timurbekova_aigul@mail.ru

https://doi.org/10.55956/GAOH8325

ДАЙЫНДЫҚ ДӘРЕЖЕСІ ЖОҒАРЫ КОЭКСТРУДИРЛЕНГЕН КӨП ДӘНДІ ӨНІМДЕРДІҢ САПА МЕН ҚАУІПСІЗДІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Дайындық дәрежесі жоғары экструдирленген тағамдардың қоректік және тағамдық құндылығын арттыру жолдарының бірі – құрамында дәрумендер мен амин қышқылдарымен байытылған биологиялық белсенді компоненттерді қосу технологиясы болып табылады. Коэкструдирленген азық-түлік өнімдерін өндіру үшін шикізат ретінде жеміс-жидек шикізаты қолданылады, бұл әзірленіп жатқан өнімнің дәмдік қасиеттерін едәуір жақсартады. Бұндай технологияны жаппай енгізуге экструзия және коэкструзия процестерінің аз зерттелгендігі кедергі келтіреді, нәтижесінде әртүрлі тамақ орталарын өңдеудің оңтайлы параметрлерін негіздеу үшін қажетті әмбебап эксперименттік қондырғыларды құруға кедергі келтіретін ғылыми және практикалық базаның жетілмегендігін айтуға болады. Екінші жағынан, дұрыс және ұтымды тамақтануды насихаттаудың болмауы жоғары калориялы және жоғары энергиялы диетаға бейім халықтың тамақтануында ұлттық ерекшеліктердің болуына байланысты осы санаттағы тағамдарды жаппай диетаға қосуды қиындатады. Сондықтан жеміс-жидек қоспалары бар дайындық дәрежесі жоғары көп дәнді өнімдердің сапа мен қауіпсіздік көрсеткіштерін зерттеу өзекті болып табылады.

Тірек сөздер: экструзия, коэкструзия, дайындық дәрежесі жоғары коэкструдирленген өнімдер, биологиялық белсенді компоненттер, жеміс-жидек шикізаты, көп дәнді азық-түлік, функционалды тамақтану, салма толтыру.

Оспанов, Ә.Ә. Дайындық дәрежесі жоғары коэкструдирленген көп дәнді өнімдердің сапа мен қауіпсіздік көрсеткіштерін зерттеу [Мәтін] / Ә.Ә. Оспанов, Н.Ж. Муслимов, А.К. Тимурбекова, А.Т. Алмаганбетова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.155-165. https://doi.org/10.55956/GAOH8325

Кіріспе. Қазіргі уақытта диетасында экструдирленген тағамдарды тұтынатын адамдардың негізгі санаты – дәстүрлі тағамдарды дайындауға бос уақыт тапшылығы бар белсенді өмір салтын ұстанатын адамдар. Сондай-ақ, салауатты тамақтану үлгісін ұстанатын, күнделікті рационның құрамдас бөліктерінің тағамдық құндылығын қатаң қадағалайтын халық топтарының

санаты ерекшеленеді, өйткені экструдирленген тағамдардың калориялары төмен [1-4].

Сонымен қатар, экструзиялық технологияларды жетілдіру аралас өнімдерді өндіруге мүмкіндік бертін өнімдер коэкструдирленген өнімдер, яғни астық қабығының негізінен тұратын өнімдер, оның ішінде әр түрлі қоспалар (май, ақуыз, жеміс немесе жидек, хош иістендіргіш, шоколад немесе карамель) бар.

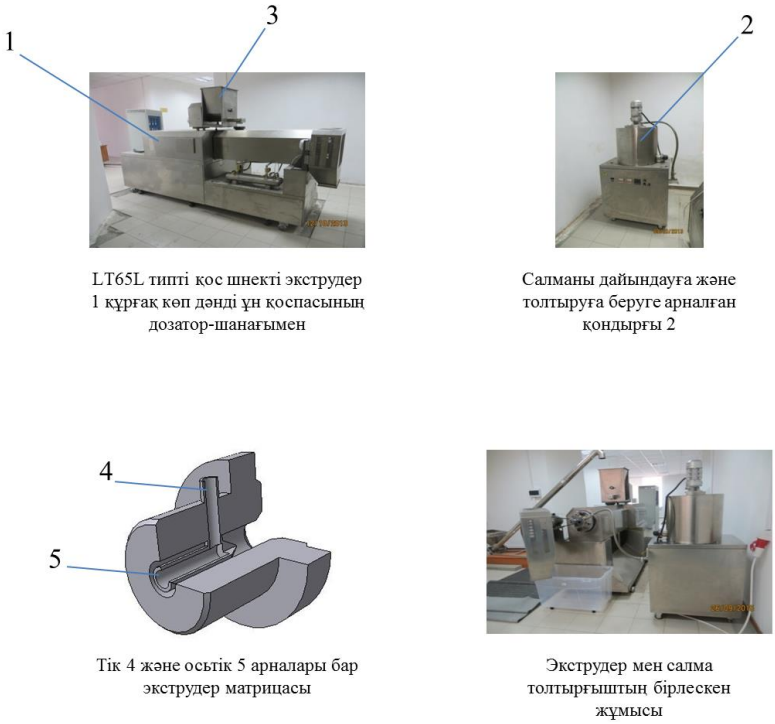
Мұндай комбинациялар астық шикізатының әртүрлі комбинациясы бар функционалды қоспалардың (жеміс-жидек, ет-сүт және т.б.) ассортиментін кеңейту арқылы тұтынушылардың дәмдік талғамдарын дайындық дәрежесі жоғары дәстүрлі өнімдерден коэкструдирленген өнімдерге ауыстыруға мүмкіндік береді. Мұндай әзірлемелер халықтың қазіргі заманғы рационына тығыз енеді, бұған жүгері үлпектерінің дәстүрлі тәттілерінен кейін ғана дайын таңғы ас жастықшалары мен толтырылған түтікшелер өндірісінің жыл сайынғы ұлғаюы дәлел бола алады. Осылайша, бірлескен экструдирленген өнімдер жыл сайын тұтынушылардың жалпы санын көбейте отырып, дайындық дәрежесі жоғары өнімдер нарығының құрылымында өз орнын алады.

Әдеби дереккөздерде ұсынылған мәліметтер азық-түлік экструзиясы функционалды тамақ өнімдерін өндірудің заманауи және жоғары технологиялық тәсілі екенін көрсетеді [5,6]. Бұл ретте коэкструзия процесінің негізгі артықшылықтарын атап өту қажет, бұл технологиялық процестің икемділігі, өнімділігі және автоматтандырудың жоғары деңгейі, өзіндік құнының төмендігі, сондай-ақ дайын өнімнің үлкен өнімділігі мен жоғары тұтынушылық қасиеттері.

Осыған байланысты мақаланың материалдары ғылыми негізделген әдіс бойынша құрастырылған және аминқышқылдары мен дәрумендік құрамы бойынша теңдестірілген аралас жеміс-жидек рецептураларын әзірлей отырып, жоғары дайындықтағы коэкструдирленген көп дәнді тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздік көрсеткіштерін зерттеуге бағытталған. Дәл осы ғылыми тәсіл дұрыс және ұтымды тамақтану тұжырымдамасына сәйкес келетін рецептураларды құрудағы уақтылы және өзекті міндет болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеулер Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Тағам және қайта өңдеу өнеркәсібі технологиялары» Халықаралық ғылыми-зерттеу орталығының «Тағам экструзиясы» зертханасында жүргізілді. Салма толтыру әдісінің мәні – экструдер мен салма толтырғыш қондырғының бірлескен жұмысына негізделген (1-сурет). Экструдирленген көп дәнді масса *1* экструдерден матрицаның осьтік арнасы *5* арқылы ығыстырылып шыққан кезде экструдирленген көп дәнді масса тік арна *4* бойынша *2* салма толтырғыш қондырғыдан берілетін жеміс-жидек салмасының массасын қаптайды және нәтижесінде дайын коэкструдирленген көп дәнді өнім алынады.

Дайындық дәрежесі жоғары көп дәнді өнімдерді өндіру технологиясын әзірлеу бойынша эксперименттік зерттеулер LT65L типті өнеркәсіптік екі шнекті экструдерде *1* жүргізілді. Құрылғының конструкциясында экструдирленген өнімдерді өндіру технологиясын жетілдіруге бағытталған заманауи инженерлік шешімдер жүзеге асырылады.



LT65L типті қос шнекті экструдер 1 құрғақ көп дәнді ұн қоспасының дозатор-шанағымен

Салманы дайындауға және толтыруға беруге арналған қондырғы 2

Тік 4 және осьтік 5 арналары бар экструдер матрицасы

Экструдер мен салма толтырғыштың бірлескен жұмысы

Сурет 1. Екі шнекті экструдер және салма толтырғыш қондырғы

Салма дайындағыш және толтырғыш *2* көп дәнді қоспаны экструдирлеу кезінде әртүрлі массадағы қоспаларды дайындауға және айдауға арналған. Қондырғының ішінде пышақтары бар араластырғыш орналастырылған, оның қозғалысы тік айналу осінің айналасында жүреді. Араластырғыш жеміс-жидек салмасының массасын араластыруға көмектеседі, оның қатаюына немесе қоюлануына жол бермейді.

Екінші жағынан, жеміс-жидек салмасының массасы арнайы термостаттың көмегімен 40-50 °С дейін қыздырылады. Қондырғының төменгі бөлігіне тік арнаға *4* қосылған саптамалар (форсунка) арқылы толтыру массасын белгілі бір қысымымен айдау үшін сорғы (насос) орнатылған. Тік арна 90 градус бұрышта экструдирленген көп түйіршікті массаны сығуға арналған осьтік арнаға *5* түйіседі.

Салма толтыру процесі экструдирлеу арнасынан көп дәнді массаның шығу жылдамдығын теңестіру арқылы жүзеге асырылады. Тиісті рецепт бойынша арақатынаста жеміс-жидек салмасының массасын дайындау салма толтырғышта жүзеге асырылады. Қысыммен толтырғыштан жасалған жеміс-жидек салмасының массасы саптамалар арқылы матрицаның тік және осьтік арналарға беріледі.

Экструдирленген массаны осьтік канал арқылы сығу процесінде белгілі бір қысыммен тік арнамен жеміс-жидек қоспасы беріледі, ол осьтік бағытта сығылған массамен жабылады немесе қапталады. Бұл жағдайда жеміс-жидек қоспасы біртұтас коэкструзиялық масса түзе отырып, салмаға айналады.

Жеміс-жидек салма технологиясының мәні келесідей. Өндіріске түсетін жемістер мен жидектер уытты элементтердің, нитраттардың, пестицидтердің, радионуклидтердің, ішек патогенді қарапайымдыларының, гендік-модификацияланған организмдердің гельминт жұмыртқалары мен кисталарының құрамы айқындалатын сапа бойынша тексеріледі

(бақыланады), бұл ретте талдау нәтижелері нормативтік-құқықтық актілерде белгіленген нормалардан аспауға тиіс.

Әрі қарай, жемістер барлық ластаушы заттар толығымен жойылғанша арнайы жуу машиналарында таза ағынды суда жуылады. Жуғаннан кейін жемістер сапасына қарай тексеріледі, ал шіріген, көгерген, ластанған және зиянкестерден зардап шеккен жемістер таңдалады. Тексеруден кейін жемістер душ астында екінші рет жуылады. Жуғаннан кейін жемістер тең бөліктерге кесіліп, елек беттерінің тесіктерінің диаметрі 1,2 мм-ден аспайтын әр түрлі маркалы езгілеу машиналары арқылы езбе тәрізді масса алынғанға дейін өткізіледі, бұл ретте құрамы бойынша біртекті масса алынғанға дейін процесті бақылау қажет. Ірі, езілмеген жеміс бөлшектерінің болуына жол берілмейді. Кесу процесін қоспағанда, жоғарыда сипатталғанға ұқсас жидек шикізатын дайындау және езгілеу машиналарында саңылаулардың диаметрі 0,8 мм болатын елек беттерін қолдану процесі бөлек жүргізіледі.

Алынған жеміс-жидек езбесі рецептурада белгіленген арақатынаста әрі қарай технологиялық өңдеу үшін бөлек тамақ ыдыстарына толтырылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Арпа, жүгері, сұлы, қарақұмық және тарының толық түрде ұнтақталған дәндерінің ұнынан тиісті ғылыми негізделген мөлшерде құрастырылған қоспасының екі рецептурасы (1-ші және 2-ші кестелер) дайындалды.

Көп дәнді ұнның дайындалған рецептурасының тағамдық құндылығын есептеу үшін біз 2013 жылғы 8 қарашадағы №1495 авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы Сертификатқа сәйкес «Дайындық дәрежесі жоғары өнімдерді өндіру үшін көп дәнді қоспаның рецептурасының есебі» компьютерлік бағдарламаны [7] қолдандық.

Экструдирленген тағамның рецептурасы жеміс-жидек шикізатының кең ассортиментінің химиялық құрамын талдау негізінде жасалды. Сонымен қатар, жеміс-жидек шикізаты минералдардың, дәрумендердің және маңызды аминқышқылдарының негізгі көзі болып табылады.

Ұсынылған технологияның міндеті – толыққанды табиғи компоненттерді, атап айтқанда жеміс-жидек шикізатын салма ретінде қолдану арқылы экструдирленген өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын жақсарту болып табылады.

Кесте 1

Дайындық дәрежесі жоғары көп дәнді өнімнің №1 рецептурасы

Компонент атауы	Құрамы
Толық түрде ұнтақталған арпа ұны	6,36%
Толық түрде ұнтақталған жүгері ұны	42,75%
Толық түрде ұнтақталған сұлы ұны	20,0%
Толық түрде ұнтақталған қарақұмық ұны	24,54%
Толық түрде ұнтақталған тары ұны	6,35%
Тағамдық және биологиялық құндылықтың теориялық мәні	
Қоспадағы ақуыздың теориялық құрамы	14,28
Қоспадағы крахмалдың теориялық құрамы	62,32
Қоспадағы талшықтың теориялық құрамы	7,46
Қоспадағы майдың теориялық құрамы	5,96

Салмасы бар көп дәнді коэкструдирленген тамақ өнімі – дәрумендер мен аминқышқылдарының құрамын, сондай-ақ коэкструдирленген өнімнің

дәмдік қасиеттерін жақсартатын жеміс-жидек шикізатын енгізу есебінен байытылған өнім.

Бұл технологиялық шешімге ғылыми негізделген рецепт бойынша құрастырылған көп дәнді қоспасының негізінде әзірленген белгілі экструдирленген өнімге құрамында 10% құрғақ заттар бар жеміс-жидек шикізатынан джем түрінде алдын ала дайындалған салма енгізілетіндігімен қол жеткізіледі, құрамында жеміс езбесі, кондицияға жеткізілген, тазартылған жидектерден жидек езбесі, 15% қант болады.

Кесте 2

Дайындық дәрежесі жоғары көп дәнді өнімнің №2 рецептурасы

Компонент атауы	Құрамы
Толық түрде ұнтақталған жүгері ұны	16,66%
Толық түрде ұнтақталған сұлы ұны	26,20%
Толық түрде ұнтақталған қарақұмық ұны	50,0%
Толық түрде ұнтақталған тары ұны	7,14%
Тағамдық және биологиялық құндылықтың теориялық мәні	
Қоспадағы ақуыздың теориялық құрамы	14,04
Қоспадағы крахмалдың теориялық құрамы	59,753
Қоспадағы талшықтың теориялық құрамы	10,281
Қоспадағы майдың теориялық құрамы	5,706

Әрі қарай, рецептура бойынша белгіленген арақатынаста жеміс-жидек шикізаты бір мезгілде пісіру қазандығына немесе вакуумдық аппаратқа жүктеледі, қанттың белгіленген мөлшері қосылады (алдын-ала кесектерді кетіру үшін електен өткізіледі) және 90-95°С температураға дейін қыздырылады және 10-15 минут ұсталады, бұл жағдайда алынған массаны үнемі араластырылады. Алынған джем тағамдық контейнерлерге салынып, табиғи түрде бөлме температурасына дейін салқындатылады.

Салма рецептурасын дайындау кезінде олар 3-кестеде көрсетілген келесі мәндері басшылыққа алынды.

Кесте 3

Жеміс-жидек салмасы рецептурасы

№1 рецептура	Алма езбесі – 30%	Қарақат езбесі – 55%	Қант – 15%
№2 рецептура	Киви езбесі – 35%	Таңқурай езбесі – 50%	Қант – 15%

Әрі қарай, бөлме температурасына дейін салқындатылған жеміс-жидек салмасының массасы экструдердің матрицалық аймағына әр түрлі массадағы қоспаларды айдауға арналған механикаландырылған контейнерге толтырылады. Осыдан кейін жеміс-жидек салмасы компрессор жасаған қысыммен басылады және белгілі әдіске сәйкес көп дәнді қоспасын өңдеу жүргізілетін экструдерге жіберіледі [17.02.2014 ж. ҚР № 28102 инновациялық патент]

Рецептуралар коэкструдирленген тамақ технологиясының ажырамас бөлігі болып табылады, олардың негізгі мақсаты – өзіне тән сапалық және дәмдік қасиеттері бар өнімдердің қажетті түрін алуды шарттайтын шикізаттың дұрыс арақатынасын белгілеу. Рецептуралар өнімнің әр түрін өндіруге арналған шикізаттың нормативті шығынын белгілейді, бұл шикізат шығынын қатаң ескеруге мүмкіндік береді. Дайын өнімнің өзіндік құнын есептеу және өнімнің өзіндік құнын анықтау кезінде рецептура өнім бірлігіне

жұмсалатын шикізаттың шығындарын анықтауға мүмкіндік беретін негізгі құжат болып табылады.

Жеміс-жидекпен толтырылған коэкструдирленген тамақ өнімдерінің рецептурасын әзірлеу кезінде есеп бойынша дайын өнімнің шығуын ескере отырып, тағамдық құндылығын есептеу жүргізілді (4-кесте).

Кесте 4

100 грамм өнімге шаққанда есеп бойынша өнімнің шығуын ескере отырып, жеміс-жидек салмалы экструдирленген тамақ өнімдерінің тағамдық құндылығын есептеу

Компоненттің атауы	Салу нормасы, г	Ақуыз, г	Май, г	Көмірсулар, г	Қанттар, г.	Энергетикалық құндылық, ккал/кДж
Коэкструдирленген өнім № 1						
Жеміс-жидекті салма (алма+қарақат)	25	0,6	0,1	39,9	8,5	195,2/815,94
Көп дәнді қоспа (1-кесте)	75	12,0	3,85	62,5	3,2	384,44/1608,50
Барлығы шикізат жиынтығында	100	12,6	3,95	102,4	11,7	540,01/2257,24
Термиялық өңдеу кезіндегі шығындар, г	5	0,63	0,2	5,12	0,6	27,0/112,86
Дайын өнімнің жиынтығы	95	11,97	3,75	97,28	11,1	567,01/2144,38
Коэкструдирленген өнім № 2						
Жеміс-жидекті салма (киви+таңқурай)	25	0,8	0,4	30,5	8,8	162,24/678,2
Көп дәнді қоспа (2-кесте)	75	12,0	3,85	62,5	3,2	351,36/1470,09
Барлығы шикізат жиынтығында	100	12,8	4,25	93,0	12,0	507,05/2119,5
Термиялық өңдеу кезіндегі шығындар, г	5	0,64	0,21	4,65	0,6	25,35/106,0
Дайын өнімнің жиынтығы	95	12,16	4,04	88,35	11,4	481,7/2013,5

Дайын өнімнің тағамдық құндылығын есептеу коэкструдирленген тамақ өнімдерін өндіруге арналған шикізаттың химиялық құрамын талдау нәтижелері негізінде жүргізілді. Жүргізілген есептеу нәтижесінде жасалынған рецептураның өңдеуден бұрын және өңдеуден кейін теориялық тағамдық құндылығы анықталды.

Коэкструдирленген тамақ өнімдерінің сапа көрсеткіштерін зерттеу және қауіпсіздігін бағалау жүргізілді.

Төменде жеміс-жидек салмасы бар дайындық дәрежесі жоғары коэкструдирленген тағамдардың сапасын, тағамдық қауіпсіздік көрсеткіштерін және тұтынушылық қасиеттерін анықтау бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Жүргізілген зерттеулер шеңберінде шикізат пен коэкструдирленген өнімдердің органолептикалық, физика-химиялық, микробиологиялық және тағамдық қауіпсіздік көрсеткіштері стандартты көрсеткіштер бойынша бағаланды.

Зертханалық зерттеулер нәтижесінде экструдирленген өнім өндіруге арналған шикізаттың сапасы анықталды. Көп дәнді қоспасы, жеміс-жидек салмасы (екі рецептура) негізінде экструдирленген өнімнің сапасы мен азық-түлік қауіпсіздігінің көрсеткіштерін зерттедік. Көп дәнді қоспасына негізделген экструдирленген өнімді зертханалық сынау нәтижелері алынды. Бұл өнім коэкструдирленген тамақ өнімдерін өндіруге негіз болды.

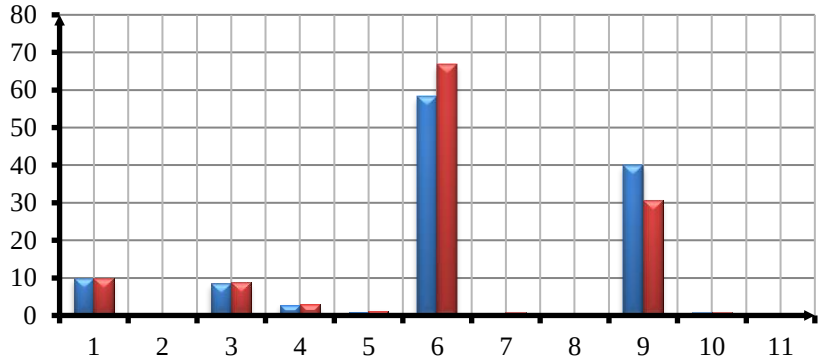
Ұсынылған деректер коэкструдирленген өнімді өндіру үшін негіз нормативтік-техникалық құжаттардың қойылатын талаптарына сәйкес келетіндігін көрсетеді. Азық-түлік қауіпсіздігі көрсеткіштерінің нақты мәндері шекті мәннен аспайды, ал жоғары тұтынушылық артықшылықтар өнімге дайындық дәрежесі жоғары өнімдер нарығында өз орнын бере алады.

Әрі қарай, коэкструдирленген тамақ өнімдерін өндіруге арналған қоспалардың сапасы зерттелінді. Зерттеу объектісі жеміс-жидек шикізатының салмасы болды.

2-суретте жеміс-жидек салмасының: №1 (алма+қарақат) және №2 (киви+таңқурай) салыстырмалы сипаттамасы келтірілген.

Ұсынылған салыстырмалы талдау №2 салмасы (киви+таңқурай) көптеген сапа көрсеткіштері бойынша №1 салмадан (алма+қарақат) жоғары мәндермен ерекшеленетінін көрсетеді. Дегенмен «көмірсулардың массалық үлесі, %» көрсеткіші бойынша ғана артта қалады, бұл №1 толтырудағы (алма+қарақат) 30,5% мәндеріне сәйкес келді. «Құрғақ заттардың массалық үлесі, %» және «титрленетін қышқылдық, %» көрсеткіштері бойынша сәйкесінше 10% және 0,6% мәндерінде болады.

Азық-түлік қауіпсіздігі көрсеткіштері бойынша мынадай мәндер белгіленді (5-кесте).



1 – құрғақ заттардың массалық үлесі, %; 2 – титрленетін қышқылдық, %; 3 – қанттардың (жалпы) массалық үлесі, %; 4 – қанттардың (төмендететін) массалық үлесі, %; 5 – пектинді заттардың массалық үлесі, %; 6 – судың массалық үлесі, %; 7 – ақуыздың массалық үлесі, %; 8 – майдың массалық үлесі, %; 9 – көмірсулардың массалық үлесі, %; 10 – органикалық қышқылдардың массалық үлесі, %; 11 – күлдің массалық үлесі, %

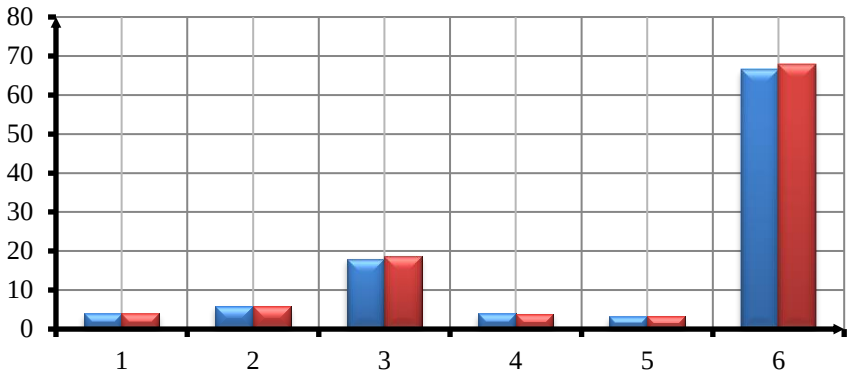
Сурет 2. Коэкструдирленген тамақ өнімдерін өндіруге арналған жеміс-жидек салмасының (алма+қарақат және киви+таңқурай) сапалық сипаттамаларын салыстырмалы талдау

Кесте 5

Жеміс-жидек салмасының тағамдық қауіпсіздігі көрсеткіштерінің мәндері

Көрсеткіш атауы	Салма	
	алма+қарақат	киви+таңқурай
КМАФАнМ, КОЕ/г	4×10^2	4×10^2
БГКП (колиформалар) 1,0 г-да	табылмады	табылмады
Патогенді микроорганизмдер, соның ішінде 25 г-да сальмонеллалар	табылмады	табылмады
Ашытқы, КОЕ/г	<10	<10
Зең, КОЕ/г	табылмады	табылмады
Улы элементтер, мг/кг қорғасын мышьяк кадмий сынап	табылмады	табылмады
Микотоксиндер, мг/кг патулин	табылмады	табылмады

Жеміс-жидек салындысы бар коэкструдирленген тамақ өнімдерінің (№1 – алма+қарақат салындысы бар, №2 – киви+таңқурай салындысы бар) сапасы зерттелді. Зертханалық зерттеулердің нәтижелері 3-суретте көрсетілген.



1 – нормаға сәйкес келмейтін ұсақ-түйектер мен таяқшалардың массалық үлесі, %; 2 – ылғалдың массалық үлесі, %; 3 – ақуыздың массалық үлесі, %; 4 – құрғақ затқа есептегенде майдың массалық үлесі, %; 5 – құрғақ затқа есептегенде жалпы қанттың массалық үлесі, %; 6 – крахмал құрамы, %

Сурет 3. Салмасы бар коэкструдирленген тағамның сапалық сипаттамаларын салыстырмалы талдау

Ұсынылған деректерді талдау коэкструдирленген өнімді өндіру үшін жеміс-жидек салмасының тағамдық қауіпсіздік көрсеткіштері нормативтік-техникалық құжаттамада көрсетілген рұқсат етілген мәндерден аспайтынын көрсетеді. Ұсынылған деректер әзірленген өнімнің азық-түлік қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес келетіндігін көрсетеді.

Коэкструдирленген өнімдердің тамақ қауіпсіздігі көрсеткіштері 6-кестеде келтірілген.

Кесте 6

Коэкструдирленген өнімдердің тамақ қауіпсіздігі көрсеткіштерінің мәндері

Көрсеткіш атауы	№1 және №2 салмалы коэкструдирленген өнім	
	алма+қарақат	киви+таңқурай
КМАФАнМ, КОЕ/г	1×10^2	1×10^2
БГКП (колиформалар), в 1,0 г	-	-
Патогенді микроорганизмдер, соның ішінде сальмонеллалар 25 г	-	-
B. cereus, в 0,1 г	-	-
Зең, КОЕ/г	< 0	<10
Улы элементтер, мг/кг қорғасын мышьяк кадмий сынап	 0,1 - 0,001 -	 0,1 - 0,001 -
Микотоксиндер, мг/кг: афлатоксин B_1 Т-2 токсин зеалерон охратоксин А	 - - - -	 - - - -
Радионуклидтер, Бк/кг: цезий-137 стронций-90	 3,5 1,0	 3,5 1,0

6-кестеде келтірілген мәліметтерді талдау мынаны көрсетті. Ауыр металл тұздарының мөлшері қорғасын үшін 0,1 мг/кг, ал кадмий үшін 0,001 мг/кг, мышьяк пен сынаптың іздері табылған жоқ. КМАФАнМ көрсеткіші 1×10^2 КОЕ/г, бұл да рұқсат етілген мәндерге сәйкес келеді. Микотоксиндер табылған жоқ. Мұндай оң микробиологиялық сипаттама коэкструзия процесі 140°С дейін көп мөлшерде жылу шығарумен қатар жүретіндігімен түсіндіріледі, нәтижесінде патогендік микрофлора өледі.

Қорытынды. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Тағам және қайта өңдеу өнеркәсібі технологиялары» Халықаралық ғылыми-зерттеу орталығының «Тағам экструзиясы» зертханасында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде дайындық дәрежесі жоғары коэкструдирленген көп дәнді өнімдердің сапа мен қауіпсіздік көрсеткіштері анықталып, олардың осындай өнімдерге қойылатын талаптарға сәйкес келетіндігі тұжырымдалды.

Әдебиеттер тізімі

1. Шарман, А. Здоровое питание и технология NutriSteppe надежный путь к устойчивому здоровью [Текст]. – Алматы-Женева-Нью Йорк, 2022. – 256 с.
2. Доронин, А.Ф. Функциональное питание [Текст] / А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров. – М.: ГРАНТЬ, 2002. – 296 с.
3. Касьянов, Г.И. Функциональные продукты питания [Текст] / Г.И. Касьянов, Р.И. Шаззо. – М.: Просвещение, 2000. – 115 с.
4. Остриков, А.Н. Математическое моделирование течения аномально-вязких сред в каналах экструдеров [Текст]: монография / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, В.Н. Василенко, А.С. Попов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. – 237 с.
5. Bouvier, J.M., Osvaldo H. Campanella. Extrusion Processing Technology. Food and Non-Food Biomaterials. – Wiley-Blackwell, 2014. – 536 p.
6. Girish, M., Ganjyal, M. Extrusion Cooking Cereal Grains Processing. – Woodhead Publishing and AACC International Press, 2020. – 546 p.
7. Оспанов, А.А., Муслимов, Н.Ж., Тимурбекова, А.К., Джумабекова, Г.Б. Расчет рецептуры полизлаковой смеси для производства продуктов высокой степени

готовности (программа для ЭВМ) [Текст] //Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 1495 от 08.11.2013.

Материал редакцияға 22.10.24 түсті.

А.А. Оспанов[1], Н.Ж. Муслимов[2], А.К. Тимурбекова[1], А.Т. Алмаганбетова[1]

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртазы, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ КОЭКСТРУДИРОВАННЫХ МУЛЬТИЗЛАКОВЫХ ПРОДУКТОВ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ

Аннотация. Одним из способов повышения питательной и пищевой ценности экструдированных продуктов высокой степени готовности является технология внесения биологически активных компонентов, обогащенных витаминами и аминокислотами. Для производства коэкструдированных пищевых продуктов в качестве сырья используется фруктовое сырье, что существенно улучшает вкусовые свойства разрабатываемого продукта. Массовому внедрению такой технологии препятствует недостаточное исследование процессов экструзии и коэкструзии, в результате чего можно говорить о несовершенстве научной и практической базы; это препятствует созданию универсальных экспериментальных установок, необходимых для обоснования оптимальных параметров обработки различных пищевых сред. С другой стороны, отсутствие пропаганды здорового и рационального питания затрудняет включение данной категории продуктов питания в массовый рацион из-за существования национальных особенностей в питании населения, предрасположенного к высококалорийному и высокоэнергетическому питанию. Поэтому изучение показателей качества и безопасности мультизлаковых продуктов высокой степени готовности с плодово-ягодной начинкой является актуальным.

Ключевые слова: экструзия, коэкструзия, коэкструдированные продукты высокой степени готовности, биологически активные компоненты, плодово-ягодное сырье, мультизлаковый продукт, функциональное питание, начинконаполнение.

A.A. Ospanov[1], N.Zh. Muslimov[2], A.K. Timurbekova[1], A.T. Almaganbetova[1]

[1]Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

RHEOLOGICAL MECHANICAL MODEL OF MEAT AND BONE MINCED MEAT

Abstract. One of the ways to increase the nutritional and food value of highly prepared extruded products is the technology of introducing biologically active components enriched with vitamins and amino acids. Fruit raw materials are used as raw materials for the production of coextruded food products, which significantly improves the taste properties of the developed product. The mass introduction of such technology is hampered by insufficient research into the processes of extrusion and coextrusion, as a result of which one can speak of the imperfection of the scientific and practical base; this hinders the creation of universal experimental setups necessary to substantiate the optimal parameters for processing various food media. On the other hand, the lack of promotion of healthy and rational nutrition makes it difficult to include this category of food products in the mass diet due to the existence of national characteristics in the diet of the population predisposed to high-calorie and high-energy nutrition. Therefore, the

study of quality and safety indicators of highly prepared multi-cereal products with fruit and berry filling is relevant.

Keywords: extrusion, coextrusion, coextruded products of high readiness, biologically active components, fruit and berry raw materials, multi-cereal product, functional food, filling.

References

1. Sharman, A. Zdorovoye pitaniye i tekhnologiya NutriSteppe nadezhnyy put' k ustoychivomu zdorov'yu [Healthy nutrition and NutriSteppe technology a reliable path to sustainable health]. – Almaty-Geneva-New York, 2022. – 256 p. [in Russian].
2. Doronin, A.F., Shenderov, B.A. Funktsional'noye pitaniye [Functional nutrition]. – M.: GRANT, 2002. – 296 p. [in Russian].
3. Kasyanov, G.I., Shazzo, R.I. Functional food products [Functional food products]. – M.: Education, 2000. – 115 p. [in Russian].
4. Ostrikov, A.N., Abramov, O.V., Vasilenko, V.N., Popov, A.S. Mathematical modeling of the flow of abnormally viscous media in extruder channels [Mathematical modeling of the flow of abnormally viscous media in extruder channels]: monograph. – Voronezh: VSU Publishing House, 2010. – 237 p. [in Russian].
5. Bouvier, J.M., Osvaldo H. Campanella. Extrusion Processing Technology – Food and Non-Food Biomaterials, Wiley-Blackwell, 2014. – 536 p.
6. Girish, M., Ganjyal, M. Extrusion Cooking Cereal Grains Processing, Woodhead Publishing and AACC International Press, 2020. – 546 p.
7. Ospanov, A.A., Muslimov, N.Zh., Timurbekova, A.K., Dzhumabekova, G.B. Raschet retseptury polizlakovoy smesi dlya proizvodstva produktov vysokoy stepeni gotovnosti (programma dlya EVM) [Calculation of the recipe for a polycereal mixture for the production of highly prepared products (computer program)] //Certificate of state registration of rights to a copyright object No. 1495 dated 08.11.2013. [in Russian].

ҒТАМР 65.59.91

М.Х. Байгельдиева[1] – *негізгі автор*, ©
Х.А. Аубакиров[2] А.А. Тлепов[3]

[1]Докторант, [2]Ауыл шаруашылығы ғылым. канд., доцент, [3]Ауыл шаруашылығы ғылым. канд.

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-9607-9627 [2]https://orcid.org/0000-0003-2670-4834*

[1,2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]«Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринария институты» ЖШС «Жамбыл ветеринария ғылыми-зерттеу станциясы», Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]meruert860407@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/TEDM8510

ҚҰСТАРҒА АРНАЛҒАН ЖЕМДІК ҚОСПАНЫ ӘЗІРЛЕУ ҮШІН ЖАНУАРЛАРДЫҢ ҚАЛДЫҚ ӨНІМДЕРІН КЕПТІРУ

Аңдатпа. Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін, етті тұқымды құстарды тез өсіріп, салмақ қостыратын жемдік қоспаны дайындау мақсатында мал сою бекеттеріндегі қалдық өнімдерін қайта өңдеудің инновациялық технологиясымен жаңа құрама жем қоспасы әзірленеді. Соның негізінде етті құстардың салмағын тез өсіретін рецептура жасауға мүмкіндік туады.

Тірек сөздер: жемдік қоспа, құрама жем, қан ұны, қоректік заттар, минералды заттар, жануар текті шикізат, қалдықтарды қайта өңдеу, химиялық құрамы, рацион, бройлер, жылқы қаны, ылғалдылық, протеин, май, күл.

Байгельдиева, М.Х. Құстарға арналған жемдік қоспаны әзірлеу үшін жануарлардың қалдық өнімдерін кептіру [Мәтін] / М.Х. Байгельдиева, Х.А. Аубакиров, А.А. Тлепов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.166-171. https://doi.org/10.55956/TEDM8510

Кіріспе. Қазақ халқының ұлттық тағамдарының ішіндегі дәстүр бойынша жылқы еті сыйлы қонақтарға асылып берілетін, тартылатын ас болғандықтан қазақ халқының әрбір той (ас, соғымбасы) дастарханының басты тағамы болғандықтан оның сойылу жиілігі төрт мезгілде де тоқтаған емес. Ал сою пунктеріндегі сойылып жатқан жылқылардың қаны кәріз суына кетіп жатыр. Осы экологиялық мәселені шешу, табиғатқа кері әсерін тигізбеу үшін, сою пунктеріндегі қанды қайтаөңдеп, құстарға арналған жемдік қоспа жасау қажет. Сонымен қатар, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін, етті тұқымды құстарды тез өсіріп, салмақ қостыратын жемдік қоспаны сою пунктарының қалдығы болып табылатын қанды қайтаөңдеу арқылы жасау қажеттілігі туындайды.

Төрт түліктің ішіндегі түрлі аурулармен ауырмайтын жылқы малы. Жылқы қанының ұю қасиеті кептіруге ыңғайлы. Жылқы, сиыр, қойдың қанын кептіріп сынағанда, қой қаны тез ұйып, ұйыған қан қоюларының тығыздығы жоғары болып, кептіретін ыдысқа жұқалап жағу қиын. Ал жылқы қанының ұйыған қан қоюларын жұқа қабатпен кептіру ыдысына жайып, қойдың ұйыған қанына қарағанда тез кептіруге болатындығы анықталды. Қанды кептіру желдеткіші бар кептіргіш шкафта жүргізілді. Ал қанды

кептіру шығыны аз болу үшін, ыдысқа жұқалап жағылған қанды желмен кептіру тиімді екендігі анықталды.

Құрама жем, белокты-витаминді қосымшалар, премикстер және басқа құрама жем өндірісі өнімдерін шығару үшін өсімдік, жануар және минерал тектес шикізаттардың жүзден астам түрлері қолданылады. Құрама жемнің шикізат негізін дәнді дақылдар, олардың ішінде бірінші кезекте арпа мен бидай құрайды. Сонымен бірге сұлы, жүгері, тары, қонақ жүгері қолданылады. 1 т құрама жемнің 65-70% мөлшері дәнді дақылдардан тұрады. Жануар тектес жем ұндарының құндылыгы жоғары. Өйткені, олардың құрамында тиімді амин қышқылды белок көп (50-60%). Ет-сүйек, суйек ұндары кальций мен фосфорға аса бай [1].

Мал текті азықтар – бұл ет комбинаты, сою пункттары, сүт және оны өңдеуде алынатын қалдықтар, балық және аң қалдықтары және ветеринарлық-санитарлық жемдік қалдықтар [2].

Жемдік бірлікке – көлемдік салмағы 450-480 г/л, ылғалдылығы 13% сапасы жақсы сұлының қоректілігі қабылданған. Бұндай сұлыда протеин – 12%, май – 32%, клетчатка – 9,2%, азотсыз экстрактивті заттар (АЭЗ) – 58% сақталады. Жемдік бірлік осындай сападағы 1 килограмм сұлының ірі қарада 150 г мөлшерінде май жинауына ықпал етуі қабілетін көрсетеді [2].

Жануар текті шикізаттарға қорытылатын протеин, ауыстырылмайтын амин қышқылдары, витаминдер мен минералды заттарды едәуір сақтайтын, биологиялық құндылығы жоғары шикізаттар жатады. Жемдік ұндар – етті сүйек, ет, сүйек, қан, шұжықтан алынған ұн, балық ұны, кит ұны және басқа ұсақ коректі теңіз жануарларының ұндары, сүтті өндіру өңдеу өнімдері – құндылығы жоғары азықтар. Оларды барлық рецепт құрамына еңгізіп, соның нәтижесінде құрама жемнің ақуыздық, витаминдік және минералдық қоректілігін жоғарылатады [3].

Ет қалдықтарын қайта өңдеу саласын дамытудың мүмкін жолдары мыналар:

– Нано және биотехнологияларды өңдеу үрдістеріне енгізу;

– Жануарлар шикізаты негізінде жаңа өнімдер мен тауарларды әзірлеу;

– Қайтаөңдеу жабдығын жаңғырту және оның энергия тұтынуын азайту.

Толыққұнды азықтандыру және минералды қоректенудің жеткіліксіз немесе теңгерімсіздігі орын алған жағдайларда, құс ағзасынындағы қалыпты метаболизм процесі бұзылып, көбею белсенділігі нашарлайды, қолайсыз жағдайларға төзімділігі айтарлықтай төмендейді және соның салдарынан жиі өлім-жітімге алып келетін аурулар туындайды. Өнімділік пен ағзаның қорғаныс қабілетінің төмендеуінің ең көп тараған себебі – аса үлкен өндіріс жағдайындағы құс шаруашылығында жеткіліксіз және теңгерімді азықтандыруды қамтамасыз етпеу. Құс етін қарқынды түрде өндіру мақсатында олардың мыңдаған санын тауық фермаларында шоғырландыра өсіру барысында, құс ағзасындағы метаболизм үдерісінің шиеленісіне әкеледі, демек, организмдегі микро және макроэлементтердің, дәрумендердің және басқа да биологиялық белсенді заттардың қамтамасыз етілуінің төмендеуіне алып келеді.

Малазықтық және минералды қоспалар, биологиялық стимуляторлар, премикстердің әртүрлі түрлерін қолдану құс ағзасының қажеттіліктеріне сәйкес келетін қатаң белгіленген мөлшерде және арақатынаста жеткізілсе ғана оң нәтиже береді [4-6].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Үлгілерді кептіру үшін арнайы резеңке қалып қолданылды және жемдік қоспа желде кептірілді. Кептірілген жемдік қоспа құрамын анықтау үшін Астана қаласындағы С. Сейфуллин атындағы агротехникалық университетінің зертханасына сынақтан өткізуге жіберілді. Жемдік қоспа құрамын анықтау үшін FOSS NIRS 2500 аналитикалық экспресс анализатор қолданылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Mavitec B.V. компаниясы мамандарының ойынша қанды қайта өңдеудің жаңа технологияларын өндірудің келесі кезеңі ретінде қан ұнын бөлек өнім түрінде өндіріске қоюды болжап отыр. Бұл еттісүйекті ұнды өндірудің негізгі технологиялық процессінен қанды толық шығарып тастауға мүмкіндік береді. Осы мәселені шешу үшін коагулятор мен декантерден тұратын технологиялық тізбекке қанды кептіру мен үгіту жабдықтары қосылуы қажет, делінген.

Технологиялық тізбекке қанды кептіру мен үгіту жабдықтарын қосу мәселесін шешу үшін резеңке қалыпты қолдана отырып, желде кептіру әдісі ұсынылды. Жылқы қанын кептіру үрдісі тез жүруі үшін және біріккен гранулалар алу үшін жылқы қанына кебек қосылып кептірілді (1, 2, 3, 4-суреттер).



Сурет 1. Бидайдың кебегі



Сурет 2. Ұйыған қан кебекпен араластырылды



Сурет 3. Кебек пен қан араласқан қоспа



Сурет 4. Кепкен кебек пен қан қоспасы

Кебек пен қан қоспасын кептіру үшін арнайы резеңке қалып қолданылды және жемдік қоспа желде кептірілді. Қоспа кепкеннен кейін тағы қосымша гранулдау процессін қысқарту үшін, яғни артық шығын және уақыт пен күш жұмсамас үшін резеңке қалып қолданылды. Резеңке қалыптың формасы құстың азықтануына ыңғайлы көлемде таңдалған. Кебек пен қан

біріңгай масса болғанға дейін араластырылды. Қоспа резеңке қалыпқа салынып желде кептірілді. Кептірілген жемдік қоспа құрамын анықтау үшін Астана қаласындағы С. Сейфуллин атындағы агротехникалық университетінің зертханасына сынақтан өткізуге жіберілді. Сынақ нәтижелері 5, 6, 7-суреттерде көрсетілген.

Sample Information	
Product:	**Мука Мясокостная v3 (МЧ)**
Sample type:	Normal
Analysis time:	15:53:42
Analysis date:	12-11-2024
Sample handling:	Small cup
Sample number:	комбикорм 1:2
Database ID:	1 170 604
Примечание	

Parameter	Value	GH	NH	t-statistics	SD	Min	Max
Влажность (%)	8.0	20.71	14.92	1.57	0.45	7.42	8.65
Протеин (%)	49.6	22.13	15.56	-1.07	0.25	49.01	49.81
Жир (%)	5.9	18.71	12.17	-1.87	1.11	4.4	7.4
Зола	5.52	82.69	68.37	-1.20	0.111	5.413	5.658

Сурет 5. 100 гр қан мен 200 гр кебек қосылып кептірілген жемдік қоспаның сынақ нәтижесі

Sample Information	
Product:	**Мука Мясокостная v3 (МЧ)**
Sample type:	Normal
Analysis time:	15:53:21
Analysis date:	13-11-2024
Sample handling:	Small cup
Sample number:	комбикорм 5:7
Database ID:	1 170 613
Примечание	

Parameter	Value	GH	NH	t-statistics	SD	Min	Max
Влажность (%)	6.5	23.33	14.61	0.81	0.32	6.04	6.96
Протеин (%)	49.5	28.47	19.57	-1.07	0.34	48.98	49.96
Жир (%)	12.2	24.85	16.09	0.08	0.32	11.87	12.76
Зола	7.01	106.92	89.17	-1.06	0.27	6.488	7.267

Сурет 6. 500 гр қан мен 700 гр кебек қосылып кептірілген жемдік қоспаның сынақ нәтижесі

Instrument Report

Sample List

Instrument: КАТУ имени С.Сейфуллина — Network:

Start time: 12.11.2024 15:53:42 — End time: 12.11.2024 15:56:19 — Instrument Group:

Product	Sample type	Date	Time	Sample number	Влажность (%)	Протеин (%)	Жир (%)	Зола
Мука Мясокостная v3 (МЧ)	Normal	12.11.2024	15:56:19	комбикорм 1:7	6.7	49.6	11.7	7.15
Мука Мясокостная v3 (МЧ)	Normal	12.11.2024	15:53:42	комбикорм 1:2	8	49.6	5.9	5.52

Сурет 7. Жемдік қоспаларды сараптаудың салыстырмалы нәтижелері

Қорытынды. Бұл әдіс жақсартылған дәмі, жоғары тағамдық құндылығы және жақсы сіңімділігі бар жемдік қоспаны береді.

Жануарлардан алынатын жемшөп қоспалары, тіпті аз мөлшерде болса да, құрама жемнің негізін құрайтын өсімдік тағамдарының сіңімділігін жақсартады. Мақалада жануарлар қанын азықтық қоспа ретінде пайдаланудың маңызы көрсетіледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Байбатыров, Т.А. Құрама жем өндірісінің технологиясы [Мәтін]: оқу құралы / Т.А. Байбатыров. – Алматы: Альманахъ, 2022. – 182 б.
2. Аубакиров, Х.А. Наладка переработки вторичных продуктов лошадей – путь к безотходной технологии продуктов коневодства [Текст] / Х.А. Аубакиров // Вестник Киргизского аграрного университета. – 2011. – № 1(19). – С. 92-94.
3. Аубакиров, Х.А. О переработке вторичных продуктов коневодства [Текст] / Х.А. Аубакиров, К.Ж. Сейтбаев // Вестник Росийской академии с-х. наук. – 2011. – № 3. – С. 65-66.
4. Аубакиров, Х.А. Значение и выгоды безотходной перерабоки вторичных продуктов убоя сельскохозяйственных животных [Текст] / Х.А. Аубакиров, М.Д. Кенжеходжаев // Н.А. Назарбаевтың «Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру» бағдарламалық мақаласына арналған «Агроөнеркәсіптік кешенді алға шығаратын ақылды технологиялар» тақырыбындағы аймақтық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. – Тараз: [?], 2018. – С. 17-20.
5. Аубакиров, Х.А. Значение переработки отходов мясной промышленности [Текст] / Х.А. Аубакиров, М.Х. Байгельдиева, М.Д. Кенжеходжаев, М.Ш. Гаражаев // Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития ветеринарии и животноводства в Республике Казахстан», посвященная 80-летию академика НАН РК, доктора ветеринарных наук, профессора Сайдулдина Тлеуберды. – Алматы: ҚазҰАЗУ, 2023. – С. 653-659.
6. Baigeldiyeva M.Kh., Aubakirov Kh.A., Kenzhekhodzhaev M.D. Results of determining the nutritional composition of meat and bone meals intended for fodder mixture // Mechanics and Technology / Scientific journal, 2024. No.1 (83). P.24-31.

Материал редакцияға 14.12.24 түсті.

М.Х. Байгельдиева[1], Х.А. Аубакиров[1], А.А. Тлепов[2]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]«Жамбылская научно-исследовательская ветеринарная станция» филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Тараз, Казахстан

СУШКА ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ ДЛЯ ПТИЦЫ

Аннотация. В целях обеспечения пищевой безопасности будет разработана новая комбикормовая смесь с использованием инновационной технологии переработки отходов боен с целью приготовления кормовой смеси для быстрого роста и набора массы мясных птиц. На основе этого можно создать рецепт, который позволит быстро увеличить вес мясной птицы.

Ключевые слова: кормовая смесь, комбикорм, кровяная мука, питательные вещества, минеральные вещества, сырье животного происхождения, отходы переработки, химический состав, рацион, бройлер, лошадиная кровь, влага, белок, жир, зола.

M.Kh. Baigeldiyeva[1], H.A. Aubakirov[1], A.A. Tlepov[2]

[1]M.Kh.Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]"Zhambyl research veterinary station" of the "Kazakh scientific research veterinary institute" LLP, Taraz, Kazakhstan

DRYING OF LIVESTOCK WASTE FOR PREPARATION OF POULTRY FEED

Abstract. In order to ensure food safety, a new feed mixture will be developed using innovative technology for recycling slaughterhouse waste to prepare a feed mixture for rapid growth and weight gain of meat birds. Based on this, a recipe can be created that will allow for a rapid increase in the weight of meat birds.

Keywords: feed mixture, compound feed, blood meal, nutrients, minerals, raw materials of animal origin, processing waste, chemical composition, diet, broiler, horse blood, moisture, protein, fat, ash.

References

1. Baibatyrov, T.A. Kurama zhem ondirisinin tehnologiyasy [Technology of production of mixed feed]: textbook. – Almaty: Al'manah, 2022. – 182 p. [in Kazakh].
2. Aubakirov H.A. Naladka pererabotki vtoričnyh produktov lošadej – put' k bezothodnoj tehnologii produktov konevodstva [Setting up the processing of secondary products of horses – the way to waste-free technology of horse breeding products] //Bulletin of the Kyrgyz Agrarian University. – 2011. – No. 1(19). – P. 92-94. [in Russian].
3. Aubakirov H.A., Sejtbaev K.Zh. O pererabotke vtorichnyh produktov konevodstva [On the processing of secondary products of horse breeding] // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2011. – No. 3. – P. 65-66. [in Russian].
4. Aubakirov H.A., Kenjekhodjaev M.D. Znachenie i vygody bezothodnoj pereraboki vtorichnyh produktov uboya sel'skohozaistvennyh zhivotnyh [The importance and benefits of waste-free processing of secondary products of slaughter of agricultural animals] //N.A. Nazarbaevtyň «Bolašak¸k¸a baġdar: ruhani žaňġyru» baġdarlamalyk¸ mak¸alasyna arnalġan «Agroönerkəsíptík kešendí alġa šyġaratyn ak¸yldy tehnologiâlar» tak¸yrybyndaġy ajmak¸tyk¸ ġylymi- təžíribelík konferenciâsynyň materialdary [Materials of the regional scientific and practical conference on the topic "smart technologies for the promotion of the agro - industrial complex" dedicated to the program article of N.A. Nazarbayev "Looking to the future: modernization of public consciousness". – Taraz: [?], 2018. – P. 17-20. [in Russian].
5. Aubakirov H.A., Baygeldieva M.Kh., Kenzhekhodzhaev M.D., Garazhaev M.Sh. Znacheniye pererabotki otkhodov myasnoy promyshlennosti [The importance of processing waste from the meat industry] //Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Sostoyaniye i perspektivy razvitiya veterinarii i zhivotnovodstva v Respublike Kazakhstan», posvyashchennaya 80-letiyu akademika NAN RK, doktora veterinarnykh nauk, professora Sayduldina Tleuberdy [International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Veterinary Medicine and Animal Husbandry in the Republic of Kazakhstan" dedicated to the 80th anniversary of Academician of the NAS RK, Doctor of Veterinary Sciences, Professor Saiduldin Tleuberdy]. – Almaty: KazUAZU, 2023. – P. 653- 659. [in Russian].
6. Baigeldiyeva M.Kh., Aubakirov Kh.A., Kenzhekhodzhaev M.D. Results of determining the nutritional composition of meat and bone meals intended for fodder mixture //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.1 (83). – P.24-31.

ҒТАМР 70.17.29: 67.13.25

Қ.Ж. Момбаев[1] – *негізгі автор*, ©
М.Н. Сенников[2], **Қ.Қ. Қалтай**[3]

[1,3]*Докторант*, [2]*Техн. ғылым. д-ры, профессор*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0001-5941-8100* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4944-2128*
[3]*https://orcid.org/0009-0003-9972-3865*

[1,2,3]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті*,
Тараз қ., Қазақстан

[1]*kaira_kz@list.ru*

https://doi.org/10.55956/JKVG4974

ШУ ӨЗЕНІНДЕГІ ТАСӨТКЕЛ СУ ҚОЙМАСЫ БӨГЕТІНІҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ КҮШТЕРГЕ ТӨЗІМДІЛІГІ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Мақалада Шу өзеніндегі Тасөткел су қоймасы туралы айтылған. Тасөткел су қоймасы, Шонкемин өзені сағасынан төмен қарай батыс бағытта кеңейетін Шу аңғарының ортаңғы бөлігінде орналасқан.

Су шаруашылығы есептері маусымдық ағынды реттеу үшін орындалған. Су қоймасының жұмыс істеуі мен толысу кезеңі су қоймасы тұстамасына ағып келетін ағын мен су тұтыну мөлшерінің қатынасымен анықталған. Су қоймасын толтыру қараша айынан басталып, сәуір айында ең үлкен көрсеткішіне жетеді, су қоймасының су беруі маусым айының екінші онкүндігінен басталып, қазан айының соңына дейін жалғасады. Су қоймасынан су тастау мөлшері артық ағын және төменгі ағыстағы суға қажеттілікпен анықталады. Су қоймасы қараша-желтоқсан айларында босатылады және ағып келетін ағынмен толтырылмай жұмыс істейді. Су тастағыш құрылымының барлық жапқыштары, ағын транзиті шамасын өткізуге ашық етіп қойылған.

Тірек сөздер: Шу өзені, Тасөткел су қоймасы, бөгет, су қоймасы сыйымдылығы, ағын, су шығарғыш, су тастағыш, тұстама, кәріз.

Момбаев, Қ.Ж. Шу өзеніндегі тасөткел су қоймасы бөгетінің сейсмикалық күштерге төзімділігі туралы [Мәтін] / Қ.Ж. Момбаев, М.Н. Сенников, Қ.Қ. Қалтай //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.172-181. https://doi.org/10.55956/JKVG4974

Кіріспе. Тасөткел су қоймасы, Шонкемин өзені сағасынан төмен қарай батыс бағытта кеңейетін Шу аңғарының ортаңғы бөлігінде орналасқан. Шу ойпатының жазық беті шығысында биіктік белгісі 1300,0 м-ден батысқа қарай 120,0 м-ге дейін ақырындап төмендейді. Қырғыз жоталарынан Шу ойпатының жазықтық рельефіне өту, тау бөктері және аласа таулы төбелер ретінде байқалады, және ірі кесекті тасындылармен толыққан. Солтүстік батысында Шу ойпаты Мойынқұм шөлінің жазық кеңістігі мен Бетпақдала жазықтығына ұласады.

Тасөткел су қоймасы ауданында Шу өзенінің аңғары – оң жағынан Шу-Іле тауларының жатық оңтүстік-батыс қыраттарымен шектеледі. Сол ернеуі

Шу ойпатының далалық жазықтығындағы сарғыш топырақты массивтен түзіледі.

Шу өзенінің аңғары көлденең бағытта, әртүрлі түйіршіктегі құм қабаттарымен дөңбек тастардан түзілген, өзен бойымен өтетін ені 50-60 м жайылмалық террасадан тұрады. Шу аңғарындағы өзен арнасы анық байқалады, қазылу тереңдігі 10 м және ені 30-50 м шамасында. Жағалардың биіктігі 1,0-3,0 м, кейде 5,0 м-ден жоғары құрайды. Өзен бойында жайылмалар мен аралшалар жеткілікті.

Тасөткел су қоймасынан төменде орналасқан суармалы массивтер – Жамбыл облысының Шу, Мойынқұм және Сарысу аудандары аумағында орналасқан. Тұрақты суару аудандары негізінен Шу және Мойынқұм аудандарында жайғасқан. Қарастырып отырған өзен алабының климаттық жағдайларына бір жағынан Бетпақдала және Мойынқұм шөлдерінің, екінші жағынан – Шу-Іле тауларының ауа-райы қатты әсер етеді. Жалпы алғанда, алаптың климаты жоғары жылу қамтамасыздығымен сипатталады.

Бірақ, табиғи ылғал қамтылығы жетіспеушілігі мен ауданның құрғақтығына байланысты, көптеген ауыл шаруашылығы дақылдарын суарусыз өсіруге мүмкіндік бермейді. Суару үшін негізгі су көзі – Шу өзені болып табылады. Шу өзені республикааралық мақсатта пайдаланылады, оның ағыны Қырғызстан мен Қазақстан арасында бөлінеді (52% және 48% тиісінше). Су қоймасының айдыны дайындалған сайдағы табиғи қазаншұңқырда орналасады.

Ғылыми жұмыста 2018 жылы жобаланған «Жамбыл облысы Шу ауданындағы Тасөткел су қоймасы бөгетінің сейсмикалық төзімділігін көтеру бойынша 1-2 кезектегі қайта құру» жұмысын талдау жүргізіледі [1].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жоғарыда айтылған жобаның мақсаты су қоймасы пайдалану кезеңінің ұзақ мерзімдігіне (50 жыл), және де Тасөткел бөгетінің пайдалану сипаттамаларын жақсарту үшін қажеттілікте, бөгеттің сейсмикалық төзімділігін көтеру үшін техникалық шаралар жасау болып табылады. Төменде суретте Тасөткел су қоймасы бөгетінің төменгі бьеф жағынан қарағандағы көрінісі беріледі.



Сурет 1. Тасөткел су қоймасы бөгетінің төменгі бьеф жағынан қарағандағы көрінісі (2024 жыл)

Тасөткел су қоймасы 1974 жылдан бері пайдаланылып келеді, оның жобасын жасаған «Казгипроводхоз» жобалау институты. Су қоймасының

толық жобалық көлемі 620,00 млн. м^3, ал іске қосу кезіндегі шамалас көлемі – 350,00 млн. м^3. Ирригациялық дайындалып берілген суару ауданы – 42,67 мың га, оның ішінде: 85% қамтамасыздықтағы табиғи ағын есебінен – 14,0 мың га; салынған су қоймасы есебінен – 28,67 мың га суарылады.

Тасөткел су қоймасы Шу өзенінде салынған, арналық типті, маусымдық реттеу үшін пайдаланылады, пайдалы көлемі – 551,00 млн. м^3.

Су қоймасы бөгеттік су торабының құрамына мына имараттар кіреді: топырақ (грунт) үйме бөгет, ұзындығы 5850 м; жұмысшы түпкі су шығару құрылымы, су тастағышпен бірлесіп жасалған. Су шығарғыш-су тастағыш мұнаралы типті, бес тармақты құбырлы. Төрт құбыры жұмыстық және тасқындық су тастау үшін жұмыс істесе, біреуі Тасөткел магистрал каналына су шығару үшін пайдаланылады.

Су шаруашылығы есептері маусымдық ағынды реттеу үшін орындалған. Су қоймасының жұмыс істеуі мен толысу кезеңі су қоймасы тұстамасына ағып келетін ағын мен су тұтыну мөлшерінің қатынасымен анықталған. Су қоймасын толтыру қараша айынан басталып, сәуір айында ең үлкен көрсеткішіне жетеді, су қоймасының су беруі маусым айының екінші онкүндігінен басталып, қазан айының соңына дейін жалғасады. Су қоймасынан су тастау мөлшері артық ағын және төменгі ағыстағы суға қажеттілкпен анықталады. Су қоймасы қараша-желтоқсан айларында босатылады және ағып келетін ағынмен толтырылмай жұмыс істейді. Су тастағыш құрылымының барлық жапқыштары, ағын транзиті шамасын өткізуге ашық етіп қойылған [1-6].

Тасөткел су қоймасының бөгеті жергілікті саздақты топырақтан соғылған, біртекті, 1200,0 м-дей ұзындығында, биіктігі 10-12 м құрайды. Бөгет жотасының ені – 7,5 м. Бөгет жотасының биіктік белгісі – 522,40 м. Жоғарғы жақтауының ылдилығы: бөгет жотасынан 516,0 м биіктік белгісіне дейін – 1:3,0; 516,0 м биіктік белгісінен 510,10 биіктікке дейін – 1:3,25; және 510,10 м биіктік белгісінен төмен қарай жақтау ылдилығы – 1:3,5.

Төменгі жақтауының ылдилығы: бөгет жотасынан 511,40 м биіктік белгісіне дейін – 1:2,5; ал 511,40 биіктік белгісінде ені 3,0 м берма соғылған; бермадан төмен қарай бөгет табанына дейін ылдилық – 1:3,25. Бөгеттің жоғарғы жақтауы тұтас құмшағалды төсеніш үстіне төселген темірбетонды плиталармен бекітілген, плита қалыңдығы 20 және 15 см. Төменгі жақтауы шөп өсіріліп, бекітілген. Бөгет жотасы – темірбетон бөренелермен қоршалған және бүкіл ұзындығы бойымен электр жарығы бар. Бөгет кәрізі (дренаж) диаметрі 0,25 және 0,4 м қатпарлы асбестцемент құбырдан тұрады. Бөгет кәрізінен су диаметрі 0,4 м темірбетон құбырлы кәріздік ойыстарға жіберіледі. Кәрізді тексеру және жөндеу үшін ол байқау құдықтарымен жабдықталады.

Су шығарғыш-су тастағыш құрама темірбетоннан соғылған және бес қатарлы құбыр желісінен тұрады. Су шығару құрылымының кіру бөлігі жөндеу жапқыштарын орнату үшін кіру ұштамасымен жабдықталған.

Тасөткел су қоймасы ағынның қайта қалыптасу аймағында орналасқан, қайта қалыптасатын ағын – Шу өзеніндегі су қоймалары мен жоғарыда орналасқан бөгеттердің реттелген су ресурстарынан және оның салаларынан, суармалы алқаптардың беттік және жер асты суларынан және табиғи бұлақ көздерінен құралады. Төменде кестеде Тасөткел су қоймасының негізгі параметрлері келтіріледі [1].

Кесте 1

Тасөткел су қоймасының негізгі параметрлері

Р/с	Көрсеткіш атаулары	Мөлшері
1	Пайдалануға берілген жылы	1974
2	Су қоймасымен ағынды реттеу түрі	маусымдық
3	Су қоймасының толық көлемі	620,0 млн. $м^3$
4	Су қоймасының пайдалы көлемі	551,0 млн. $м^3$
5	Су қоймасының айдыны ауданы (ҚТД 519,0 м)	77,6 $км^2$
6	Су қоймасының ұзындығы	18,0 км
7	Ең үлкен ені	8,5 км
8	Орташа ені	4,3 км
9	Жағалық бөлігінің ұзындығы	93,5 км
10	Ең жоғарғы тежелген су деңгейі	520,0 м
11	Бөгет жотасының биіктік белгісі	522,2 м
12	Бөгет парапетінің биіктік белгісі	523,3 м
13	Су тастағыш тармағы саны	4
	ҚТД – 519,0 м болғанда	321,0 $м^3/с$
	ЖТД – 520,0 м болғанда	331,0 $м^3/с$
14	Магистрал канал	50,0 $м^3/с$
15	Жоба бойынша өлі көлемнің лай басу мерзімі	58 жыл

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жоғарыда айтып өтілгендей, Тасөткел су қоймасы ағынның қайта қалыптасу аймағында орналасқан, қайта қалыптасатын ағын – Шу өзеніндегі су қоймалары мен жоғарыда орналасқан бөгеттердің реттелген су ресурстарынан және оның салаларынан, суармалы алқаптардың беттік және жер асты суларынан және табиғи бұлақ көздерінен құралады. Тасөткел су қоймасына ағып келетін ағын – Шумыш бөгетінің төменгі бьефіндегі тасталатын сумен, сол жағалық салалардың ағынымен (Аламедин, Алаарча, Ақсу өзендері), сол жағалық салалары (Қалғұты, Қақпатас өзендері) және қайтарма сулармен толысады.

Тасөткел су қоймасына келіп түсетін негізгі су көлемі Қайнар (Благовещенка) ауылы су өлшеу тұстамасында 1974 жылдан өлшеніп келеді. Қайнар ауылы мен Тасөткел су қоймасы аралығындағы 26 км аралықта бөгенге Ақсу өзенінің сол жағалық саласы құяды, оның ағыны су торабы пайдалану қызметімен анықталады.

Төменде кестеде Тасөткел бөгеті тұстамасындағы орташа айлық және орташа көп жылдық дағдылы ағын мөлшері шамалары берілген.

Кесте 2

Тасөткел бөгеті тұстамасындағы орташа айлық және орташа көп жылдық дағдылы ағын мөлшері

Сипаттамасы													
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	жыл
Q, $м^3/с$													
88,3	93,7	109,6	57,8	61,9	36,7	26,9	26,1	44,5	84,1	99,8	95,9	23,7	71,3

Шу өзенінің ең жоғарғы өтімі су тасуы кезеңінде өтеді. Олар таулардағы қар мен мұздықтардың, жазық жерлердегі қарлар еруі жаңбыр жаууы есебінен, сонымен қатар еріген қар, мұз және жаңбыр суының бірлесіп әсер етуінен қалыптасады. Тасөткел бөгетінің тұстамасына ағып келетін ең жоғарғы су өтімдері, көбіне аралас жауын-шашын түрінде, қарлы-жаңбырлы судан жиналады. Апаттық су өтімдері қар еруі кезеңінде нөсер жаңбыр

үздіксіз жаууы кезінде орын алады (наурыз 1969 жыл, сәуір 2002 жыл, сәуір 2014 жыл). Көктемгі тасқын кезіндегі Шу өзенінің Тасөткел су қоймасы тұстамасындағы ең жоғарғы су өтімдерінің параметрлері төменде 3-кестеде келтіріледі [2-6].

Кесте 3

Көктемгі тасқын кезіндегі Шу өзенінің Тасөткел су қоймасы тұстамсындағы ең жоғарғы су өтімдерінің параметрлері

Жылдар	Q_{max}, $м^3/с$	Әртүрлі қамтамасыздықтағы ең жоғарғы өтімдер, $м^3/с$				
		0,01%	0,1%	1%	5%	10%
1936-2015	142	520	440	340	270	240

1969 жылы тасқын гидрографы ең жоғарғы өтімдердің айқын көрінетін екі шыңын көрсетті: алғашқысы – 15 тәулік, ал екіншісі – тасқын басталғаннан 22 тәулікте. Екінші тасқын шыңы біріншісінен жоғары болды. Су қоймасының 1969 модельдік жылдағы тасымалдау әсері ескеріліп, су тастау өтімі су қоймасының максималды биіктік белгісі 519,43 м болғанда 376,6 $м^3/с$ құраса; 2002 жылғы модельде тиісінше биіктік белгісі 519,27 м болғанда – 375,2 $м^3/с$ құрады. Екі жағдайда да, су қоймасының ЖТД ең жоғарғы биіктік белгілері 520,0 м болып, көлемі – 694,5 млн. $м^3$ құрады.

Бөгет орнықтылығын тексеру үшін, қосымша су қоймасымен 0,01% қамтамасыздықтағы тасқынға есептер орындалды, оның ең жоғарғы өтімі кепілді түзетумен – Q 0,01% = 590 $м^3/с$ болды. Бұл кездегі ең жоғарғы тасталатын су өтімдері – 1969 жылғы модельмен 382,7 $м^3/с$, ал максималды биіктік белгі 520,11 м; 2002 жылғы модельмен тиісінше – 378,9 $м^3/с$ және 519,69 м болды. Тасөткел су қоймасындағы үлкен тасқынның болуы да, екі вариант (нұсқа) үшін жасалынды: қосымша су тастаусыз және қосымша су тасталуымен. Мына нұсқа таңдап алынды: бөгет құрылымы арқылы өтетін жалпы өтім (қосымша тастаумен) 632 $м^3/с$, оның ішінде 270 $м^3/с$ су тастағыш құрылым арқылы, 362 $м^3/с$ – су қоймасының биіктік белгісі 521,33 м болған кездегі қосымша тасталатын су көлемі.

Бөгет денесін тексеру нәтижесінде оның денесіндегі негізінен грунт массалары қатты күйде екені байқалды, бірақ құмдақты топырақтар иілгіш күйде ПК9 және ПК9+50 және кейде ақпалы иілгіш күйде болатыны анықталды, ПК5-ПК12 аралығы, ол жерде ішкі үйкеліс бұрышы $12\text{-}18^0$ және үлестік үйкелісу 0,09-0,05 $кг/см^2$ аралығында. Бірақ мұндай учаскелер оншалықты көп емес, аса қатты қауіп тудырмайды.

Су қоймасынан шыққан инфильтрациялық сулардың депрессиялық қисығы судың жиегі 516,13 м болғанда су қоймасын босату кезеңіндегі жұмысының сипатын көрсетеді, ең жоғарғы толысу 1993 жылы болып, 517,97 м-ді құраған. Бөгет осінен төменгі жақтауға дейінгі депрессия қисығының төмен жағдайы мен оның жатық болу сипаты, бөгет табаны грунтының жақсы кәріздену қабілетін көрсетеді және жыл сайынғы су қоймасын жазға қарай босату кезінде өлі көлем жиегіне жақын биіктік белгісіне дейін төмендетеді.

Бөгет орналасу ауданының негізгі сейсмикалық көрсеткіші 7 балл құрайды (ҚР ҚЖ 2.03-30-2017 сәйкес). Бөгет табанындағы топырақ (грунт) категориясы – III.

Су шығарғыш-су тастағыш мұнаралы типті, бес тармақты құбырлы. Төрт құбыры жұмыстық және тасқындық су тастау үшін жұмыс істесе, біреуі Тасөткел магистрал каналына су шығару үшін пайдаланылады деп атап өттік.

Төменде 4-суретте төрт тармақты су тастау құрылымының жоғарыдан қарағандағы көрінісі және 5-суретте Тасөткел су қоймасының көрінісі беріледі.

2003 жылы бөгет денесі бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу кезінде, кәріздер жүйесін қарағанда, бірқатар ақаулар бары анықталды: бөгеттің төменгі жақтауында жаңбыр және еріген қар суларының әсері нәтижесінде дамитын ойыс жерлер мен кішігірім опырылымдар, берма бетінен ағып келетін судан болуы мүмкін. Диаметрі 1-1,5 м түзілген иірімді шұңқырлар бөгет денесіне 1-1,5 м-ге дейін еніп, бөгет жақтауы бетінде шөгу мен құлау түзуіне алып келеді. Іс жүзінде ПК 0-ден ПК 16 аралығында бүкіл жақтау бойымен ені 1,5 м және тереңдігі шамамен 0,3-1,2 м ұзындығы 10-30 м құрайтын ойыңқы жерлер бар.



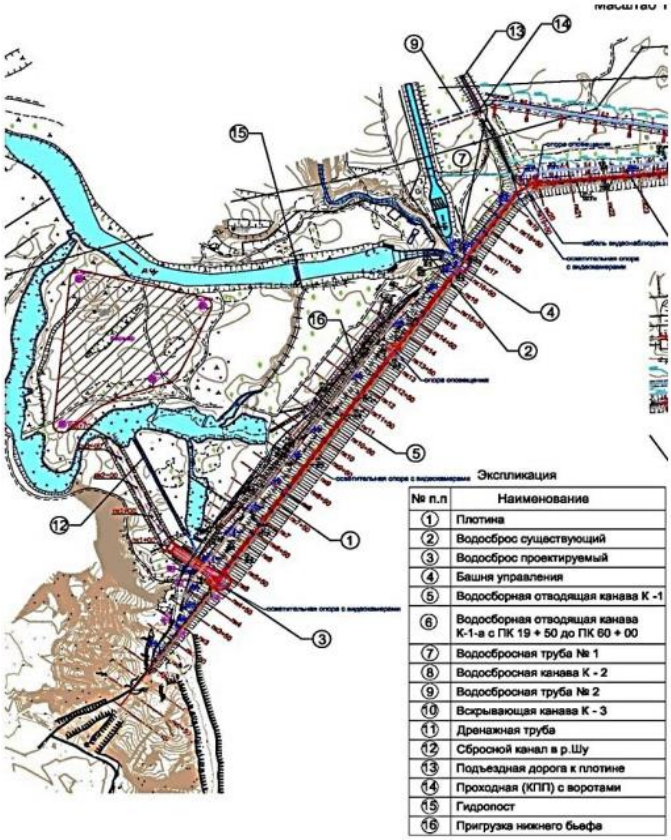
Сурет 2. Тасөткел бөгетінің су тастау құрылымы



Сурет 3. Тасөткел су қоймасының бөгеті

Бөгет жақтауы табанына жақын ПК 5 маңында бірқатар беттік ойыстар түзілген. Мұндай бұзылыстар кәріздің дұрыс жұмыс істемеуі салдарынан, ПК 4+50 және ПК 5 орналасқан, жұмыстарды тексеру кезінде 1,5 м тереңдікке дейін су жинақталған, құдықтардағы ағызу құбырларының лайға толып

қалуы себебінен болуы мүмкін. ПК 19+50 ордың каналмен қосылуы жерінде плиталар жылжып кеткен. Көп жылдық үздіксіз пайдалану салдарынан су шығарғыш-су тастағышта конструкциясы шамалы бүлінген, жіктері ажыраған, плитаның тік қабырғалары аршылып, арматуралары көрініп қалған. ПК 15 пен ПК 16 аралығында бөгет жотасы шөгуі орын алған, шөгу тереңдігі 10-40 см шамасында. Кәріз жүйесінің өткізу қабілеті бұзылған және қайта құруды қажет етеді. Бөгеттегі әртүрлі ақауларды жою үшін «Жамбыл облысы Тасөткел су қоймасының су торабын қайта құру» 1-кезектегі жұмыстық жобасы жасалынды (4-сурет).



Сурет 4. Тасөткел су қоймасы бөгетінің жоспары

Жобада Шу өзенінің 1989-2023 жылдардағы бақылау қатары ескеріліп, гидрологиялық параметрлерін талдау жүргізілді. Су торабы тұстамасындағы есептік ең жоғарғы өтімдер дәлдігі және су қоймасының өткізу мен жинақтау қабілеті, сонымен қатар жоғарыда орналасқан Ортотокой су қоймасы жұмысы ескеріліп, тексеру жүргізілді. Талдаулар, жұмыс істеп тұрған су тастау құрылымының «ерекше кезеңде» де өткізу қабілетінің жеткілікті екенін көрсетті [1].

Жобамен анықталғаны, қолданыстағы суару аудандарын кепілді сумен қамтамасыз ету үшін, болашақта су қоймасының көлемін 350 млн. $м^3$ шамасында ұстап тұру қажет, бұл 515,0 м биіктік белгідегі су деңгейіне сәйкес келеді. Сейсмикалық 8 балл мөлшерінде әсер еткенде, су қоймасындағы су деңгейі 515,5 м биік болмағанда - бөгет орнықты, сондықтан бөгеттің төзімділігін үдету жұмыстары кейінге қалдырылды.

2003 жылмен алғандағы су торабындағы негізгі ақаулар:

– су тастау құрылымының төменгі бьефі өзінің температуралық-шөккіштік қабілетін жоғалтқан, ұсақ түйіршікті грунт сыртқа шығуы, түбінде кеуек пайда болуы байқалады. Тезағар науасының, суұрманың, рисберманың, суды алып кету каналы деформацияға ұшыраған;

– топырақ бөгет бүкіл ұзындығы бойымен орташа 0,45 м-ге шөккен;

– ҚР ҚЖ 2.03-30-2017 сәйкес су қоймасының сейсмикалық жағдайлары өзгерген. Бөгет орнықтылығын үдету мен жөндеуді қажет етеді;

– су торабының құрылымы апаттық жағдайда және су қоймасының есептік параметрлерін қамтамасыз етпейді;

– бөгеттің құбырлы кәрізі лайға толған және жөндеу керек;

– су тастау арықтары лай басқан, тазалау мен жөндеуді қажет етеді;

– бөгеттің жоғарғы жақтауының бекітпесі жөндеп-қалпына келтіру керек;

– бөгеттің төменгі жақтауында жарықшақтар бар, тазалап қалпына келтіруді қажет етеді;

– бөгетті жарықтандыру құралдары ескірген, жаңарту керек;

– бөгет жотасындағы пайдалану жолы тозған, жөндеу қажет және де тағы басқа ағымдағы және күрделі жөндеу жұмыстарын жүргізу керек болды.

2005-2006 жылдары жаңарту жұмыстарының бірінші кезегі жүргізілсе, 2022 жылы облыс әкімі қолдауымен «Жамбыл облысы Тасөткел су қоймасының су торабын қайта құру» 2-кезегі басталды.

Қазіргі уақытта Тасөткел су қоймасында, бөгеттің сейсмикалық төзімділігін көтеру бойынша қайта құру жұмыстарының екінші кезегі іске асырылып жатыр. 2024 жылдың екінші жартысында жер жұмыстары, ұңғымаларды тазалау және өлшеу датчиктерін (пьезометрлер) орнату 100%-ға орындалған. Апаттық су тастау құрылымының жүйесі тұрғызылды, төтенше жағдай болған кезде жарықтандыру жүйесі мен бейне бақылау құрылғылары орнатылған, өткізу пункті жетілдірілген. Нысанды 2024 жылдың тамызында іске қосу көзделіп отыр.

Қорытынды. Тасөткел су қоймасынан төменде орналасқан суармалы массивтер Жамбыл облысының Шу, Мойынқұм және Сарысу аудандары аумағында орналасқан. Қарастырып отырған өзен алабының климаттық жағдайларына бір жағынан Бетпақдала және Мойынқұм шөлдерінің, екінші жағынан – Шу-Іле тауларының ауа-райы қатты әсер етеді. Жалпы алғанда, алаптың климаты жоғары жылу қамтамасыздығымен сипатталады. Бірақ, табиғи ылғал қамтылығы жетіспеушілігі мен ауданның құрғақтығына байланысты, көптеген ауыл шаруашылығы дақылдарын суарусыз өсіруге мүмкіндік бермейді. Суару үшін негізгі су көзі – Шу өзені болып табылады. Шу өзені республикааралық мақсатқа ие, оның ағыны Қырғызстан мен Қазақстан арасында бөлінеді (52% және 48% тиісінше). Су қоймасының айдыны дайындалған сайдағы табиғи қазаншұңқырда орналасады.

Ғылыми жұмыста «Жамбыл облысы Шу ауданындағы Тасөткел су қоймасы бөгетінің сейсмикалық төзімділігін көтеру бойынша 1-2 кезектегі қайта құру» жұмысын талдау жүргізілді.

Жоғарыда айтылған жобаның мақсаты пайдалану кезеңінің ұзақ мерзімдігіне (50 жыл), және де Тасөткел бөгетінің пайдалану сипаттамаларын жақсарту үшін қажет, бөгеттің сейсмикалық төзімділігін көтеру үшін келесі техникалық шаралар жасалынды: су тастау құрылымының төменгі бьефі қайта құрылды; тезағар науасы, суұрма, рисберма, суды алып кету каналы

қайта жөнделді; топырақ бөгет бүкіл ұзындығы бойымен бекітілді; бөгет орнықтылығы үдетіліп күрделі жөндеуден өткізілді; бөгеттің құбырлы кәрізі қайта жөнделді; бөгеттің жоғарғы жақтауының бекітпесі жөнделіп, қалпына келтірілді; бөгеттің сейсмикалық төзімділігін көтеру бойынша қайта құру жұмыстарының екінші кезегі іске асырылып жатыр. 2024 жылдың екінші жартысында жер жұмыстары, ұңғымаларды тазалау және өлшеу датчиктерін (пьезометрлер) орнату 100%-ға орындалды. Апаттық су тастау құрылымының жүйесі тұрғызылды, төтенше жағдай болған кезде жарықтандыру жүйесі мен бейне бақылау құрылғылары орнатылған, өткізу пункті жетілдірілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Реконструкция и повышение сейсмоустойчивости плотины Тасоткельского водохранилища Жамбылской области [Текст]: рабочий проект. – Алматы: ПК «Институт Казгипроводхоз», 2018. – 96 с.
2. Сенников, М.Н. Водозаборный узел [Текст] / М.Н. Сенников, С.К. Джолдасов, Г.Е. Омарова [и др.] //Полезная модель №3612 от 05.03.2018 г.
3. Сенников, М.Н. Устройство для регулирования русловых процессов [Текст] / М.Н. Сенников, С.К. Джолдасов, Г.Е. Омарова [и др.] //Полезная модель №3783 от 05.03.2018 г.
4. Ержанова, Н.К. Обоснования потенциальной опасности устойчивости плотины Тасоткельского водохранилища [Текст] / Н.К. Ержанова, М.Н. Сенников // «VI Үркімбаев оқулары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары: Том I. – Тараз қ., 2021. – С. 141-146.
5. Сенников, М.Н. Борьба за водные ресурсы в Центральной Азии [Текст] / М.Н. Сенников, Г.Е. Омарова, А.А. Янгиев, Г.Т. Аширбаева // «VI Үркімбаев оқулары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары: Том I. – Тараз қ., 2021. – С. 201-209.
6. Сенников, М.Н. Прогнозное повышение водообеспеченности по регулированию водными ресурсами Жамбылской области [Текст] / М.Н. Сенников, Н.К. Ержанова //Инновационные и практические решения ускоренного восстановления продуктивности деградированных орошаемых земель: Международная научно-практическая конференция. – г. Тараз, 2022. – С. 68-73.

Материал редакцияға 19.08.24 түсті.

К.Ж. Момбаев[1], М.Н. Сенников[1], К.К. Калтай[1]

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

О ПОВЫШЕНИИ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ ПЛОТИНЫ ТАСОТКЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА РЕКЕ ШУ

Аннотация. В статье рассмотрены данные Тасоткельского водохранилища на реке Шу. Тасоткельское водохранилище располагается в средней части долины Шу, которая расширяется в западном направлении вниз по течению от устья реки Шонкемин.

Водохозяйственные расчеты выполнены для регулирования сезонного стока. Период функционирования и наполнения водохранилища определяется соотношением притока и водопотребления, поступающего в створ водохранилища. Заполнение водохранилища начинается в ноябре и достигает наибольшего показателя в апреле, подача воды водохранилищем начинается со второй декады июня и продолжается до конца октября. Величина сброса воды из водоема и избыточный сток определяются потребностью в воде нижнего течения. Выявлено, что водохранилище опорожняется в ноябре-декабре и работает, не заполняясь

текущим потоком. Установлено, что все затворы водосбросного сооружения остаются открытыми для прохождения величины транзитного потока.

Ключевые слова: река Шу, Тасоткельское водохранилище, плотина, емкость водохранилища, сток, водовыпуск, водосброс, створ, дренаж.

K.Zh. Mombaev[1], M.N. Sennikov[1], K.K. Kaltay[1]

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

ON INCREASING THE SEISMIC STABILITY OF THE TASOTKEL RESERVOIR DAM ON THE SHU RIVER

Abstract. The article considers the data of the Tasotkel reservoir on the Shu River. Tasotkel reservoir located in the middle part of the Shu Valley, which expands westward downstream from the mouth of the Shonkemin River.

Water management calculations have been performed to regulate seasonal runoff. The period of operation and filling of the reservoir is determined by the ratio of inflow and water consumption entering the reservoir. The filling of the reservoir begins in November and reaches its highest level in April, the water supply by the reservoir begins in the second decade of June and lasts until the end of October. The amount of water discharge from the reservoir is excess runoff and is determined by the need for downstream water. It was revealed that the reservoir is emptied in November-December and works without being filled with the current flow. It is established that all gates of the spillway structure remain open for the passage of the transit flow.

Keywords: Shu River, Tasotkel reservoir, dam, reservoir capacity, runoff, outflow, spillway, gate, drainage.

References

1. Rekonstruktsiya i povysheniye seysmoustoychivosti plotiny Tasotkel'skogo vodokhranilishcha Zhambylskoy oblasti [Reconstruction and improvement of seismic resistance of the Tasotkel reservoir dam in the Zhambyl region]: working project. – Almaty: PC “Institute Kazgiprovodkhoz”, 2018. – 96 p. [in Russian].
2. Sennikov M.N., Dzholdasov S.K., Omarova G.Ye. et al. Vodozabornyy uzel [Water intake unit] // Utility model No. 3612 dated 03/05/2018. [in Russian].
3. Sennikov M.N., Dzholdasov S.K., Omarova G.Ye. et al. Ustroystvo dlya regulirovaniya ruslovykh protsessov [Device for regulating channel processes] // Utility model No. 3783 dated 03/05/2018. [in Russian].
4. Yerzhanova N.K., Sennikov M.N. Obosnovaniya nadezhnoy opasnosti ustoychivosti plotiny Tasotkel'skogo vodokhranilishcha [Justification of the reliable danger of stability of the Tasotkel reservoir dam] // «VI Ürkímbayev ok¸ulary» Khalyk¸aralyk¸ ġylymi-praktikalyk¸ konferentsiisynyň materialdary [Materials of the State scientific-practical conference “VI Urkumbai readings”]: Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 141-146. [in Russian].
5. Sennikov M.N., Omarova G.Ye., Yangiyev A.A., Ashirbayeva G.T. Bor'ba za vodnyye resursy v Tsentral'noy Azii [Tekst] // «VI Ürkímbayev ok¸ulary» Khalyk¸aralyk¸ ġylymi-praktikalyk¸ konferentsiisynyň materialdary [Materials of the State scientific-practical conference “VI Urkumbai readings”]: Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 201-209. [in Russian].
6. Sennikov M.N., Yerzhanova N.K. Prognoznoye povysheniye vodoobespechennosti po regulirovaniyu vodnymi problemami Zhambylskoy oblasti [Forecast increase of water supply on regulation of water problems of the Zhambyl region] //Innovatsionnyye i prakticheskiye resheniya uskorennogo vosstanovleniya produktivnosti degradirovannykh oroshayemykh zemel': Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya [Innovative and practical solutions for accelerated restoration of productivity of degraded arable lands: International scientific-practical conference]. – Taraz, 2022. – P. 68-73. [in Russian].

IRSTI 67.11.59

S.V. Evdokimov ©

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ORCID *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/AJKO9869

ANALYSIS OF SEISMIC LOADS IMPACT ON THE MAIN EQUIPMENT OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS

Abstract. The paper analyzes the problem of seismic resistance of the main equipment of hydroelectric power plants, showing that the solution of this problem turns out to be much more complicated than previously imagined. The scenarios of hydroelectric power plant operation disruption in case of insufficient seismic resistance of its equipment are considered. It is concluded that exogenous and technogenic seismic events should be taken into account at the design stage when assessing geologic hazardous processes and phenomena at the site of HPP location.

Keywords: seismic resistance, hydroelectric power plants, hydroelectric power plant main equipment, foundation soils, exogenous seismic events, technogenic seismic events.

Evdokimov S.V. Analysis of seismic loads impact on the main equipment of hydroelectric power plants //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.182-185. https://doi.org/10.55956/AJKO9869

Introduction. The problem of seismic resistance of the main equipment of HPPs appeared in the former USSR after the earthquake with intensity of 8 points on MSK scale in the area of Kairakkum HPP on October 13, 1985. Spitak earthquake of 1988 in Armenia made this problem even more urgent. For HPPs, less attention is still paid to the issues of improvement of methods for analyzing, evaluating and increasing the earthquake resistance of the main equipment, mainly electric power equipment, than to the construction part of buildings and structures [1].

In the aforementioned earthquake in the area of the Kairakkum HPP, two phases of the block transformer arresters were destroyed at the building of the HPP, and at the ORU-220 – seven phases of disconnectors, three phases of the voltage transformer, and three phases of arresters. The transformers were displaced along the rails at several substations and at one substation a transformer weighing 66.8 tons "jumped" and displaced across the rails at a distance of about 0.3 meters.

The consequences of the 1990 earthquake in Moldavia were also characteristic: with seismic impact of less than 7 MSK, there were no significant mechanical damages at substations, but low functional seismic stability of the equipment resulted in significant losses in power supply, which led to the shutdown of 47 power lines, 44 substations, 157 settlements were de-energized, etc. [2].

In comparison with other earthquakes, Spitak earthquake was the most destructive that occurred on the territory of the former USSR, and in terms of damage to 35-220 kV substations it was the most characteristic. At the surveyed substations it's intensity ranged from 7 to 9 MSK. The most characteristic damages at 35, 110 and 220 kV substations were: the movement of transformers along rails up to 1 m and resetting of rails with breakage of bushings; damage of overhead switches with porcelain breakage; damage of 220 kV disconnectors with destruction of insulator support columns; destruction of 110 and 220 kV arresters; destruction of 220 kV current transformers; damage of high-frequency barriers when installing them on the support insulator; destruction of accumulator batteries of SC type; partial damage of building structures, control rooms and switchgears, and in the epicenter of the earthquake at "Spitak" substation three-storey building of the control room was completely destroyed.

A comparison of the consequences of the earthquake in Armenia (1988), where were actually no appropriate anti-seismic measures at power facilities, with the consequences of the earthquake in California (USA, 1989), where much attention was paid to the seismic resistance of power facilities, showed that in both cases there were significant destructions of electrical equipment. Apparently, this circumstance indicates that the solution of the problem of seismic resistance of electrical equipment turned out to be much more complicated than previously imagined. It is significant that equipment damage was observed not only in catastrophic earthquakes like Spitak earthquake, but also in a very "moderate" shaking.

Materials and methods. For conditions of hydroelectric power plants of the European part of Russia, taking into account available statistical data, it is of interest to consider the seismic resistance, first of all, of electrical equipment – high-voltage switches, disconnectors and arresters, as well as power transformers. In addition to electrical equipment, it is of interest for HPPs to assess the seismic resistance of the following equipment: gantry cranes of the spillway dam; main bridge crane of the engine room; hydraulic units; gates of the spillway dam [3,4].

As the analysis has shown, with insufficient seismic resistance of this equipment the following can happen [5]:

– cranes may "fly off" the rails, and the engine room crane may also fall;

– gates may be so deformed that they jam in their slots; the worst situation is if the earthquake occurs simultaneously with the spring-summer flood (May-June);

– disturbance of the hydro unit shaft alignment, inadmissible runout, resulting to the necessity of hydro unit shut down.

The seismic resistance of most currently operated equipment is unknown for the following reasons:

1) Previously, there were no relevant regulatory documents and, therefore, no relevant requirements were made and no relevant inspections were carried out;

2) Even if some types of equipment have been tested for earthquake resistance on a test bench, these products were subjected to such testing prior to their operation. During operation, the mechanical properties of the products and thus their earthquake resistance may have changed due to aging processes, wear and tear, etc.;

3) The condition for seismic resistance of technical products, especially large-sized ones, that have passed the relevant tests is also that the foundations or other structures on which they are installed must not amplify seismic vibrations; this condition is not always fulfilled when the products are installed, or the properties of the foundations change during operation.

The initial seismicity in the area where the hydroelectric power plants are located was clarified on the basis of collecting published data on events attributed to

earthquakes in the area under consideration and analyzing the nature of these events. The essence of the problem lies in the fact that in the primary Catalog of earthquakes of the Russian Empire to earthquakes referred all natural phenomena that were accompanied or could be accompanied by shaking on the earth's surface, such as - strong thunderstorms, aerolite falls, landslides, rockslides, karst failures, phenomena associated with frost heave, unusual sound phenomena, many of which were later included in catalogs of tectonic earthquakes [6].

Research results and discussion. As a part of the work conducted, data on 242 events that were referred to earthquakes in the literature were collected and analyzed. As a result of analyzing the nature and reliability of these phenomena and events, erroneous and unreliable events were highlighted [7]:

1) exogenous phenomena – accompanied or not by weak shaking (rockslides, landslides, meteorite falls);

2) technogenic earthquakes: caused by mining of mineral deposits in the mines of Kola Peninsula, Urals and oil fields of Volga region, as well as industrial explosions.

Thus, exogenous and anthropogenic seismic events should be taken into account at the project stage when assessing geologic hazardous processes and phenomena at the site.

Conclusion. As a result of the analysis, tectonic and probably tectonic earthquakes of indeterminate nature were singled out, which should be taken into account when assessing seismic hazard, as well as seismic active zones located on the periphery of the HPP location area were singled out.

References

1. Romanov A.A., Zhigulevskaya HPP. Operation of hydraulic structures. – Samara: Publishing house “Agni”, 2010. – 360 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. 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.
4. Romanov A.A., Evdokimov S.V., Seliverstov V.A. Investigations of vibrations of the roof of the Zhigulevskaya hydroelectric power plant building //Scientific Review. – 2015. – No. 14. – P. 109-112.
5. Romanov A.A., Evdokimov S.V. Development of safety declaration of hydraulic engineering structures of Zhigulevskaya HPP //Nauchnoe obozrenie. – 2015. – No. 4. – P. 119-124.
6. Romanov A.A., Evdokimov S.V. Results of investigation of vibrations of concrete parts of Zhigulevskaya HPP sections //Scientific Review. – 2015. – No. 7. – P. 188-193.
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.

Material received on 30.09.24.

С.В. Евдокимов

[1]Самара мемлекеттік сәулет-құрылыс университеті, Самара қ., Ресей

СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЖАБДЫҚТАРЫНА СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІҢ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада су электр станцияларының негізгі жабдықтарының жер сілкінісіне төзімділігі мәселесі талданады, бұл мәселені шешу бұрын ұсынылғаннан әлдеқайда күрделі екендігі көрсетілген. Гидроэлектростанцияның жабдығының сейсмикалық төзімділігі жеткіліксіз болған кезде оның жұмысының бұзылу сценарийлері қаралды. ГЭС орналасқан жердегі қауіпті геологиялық процестер мен құбылыстарды бағалау кезінде жобалау сатысында экзогендік және техногендік сейсмикалық оқиғаларды есепке алу қажеттілігі туралы қорытынды жасалды.

Тірек сөздер: гидроэлектростанциялар, ГЭС-тің негізгі жабдықтары, негіз топырақтары, жер сілкінісіне төзімділік, экзогендік сейсмикалық құбылыстар, техногендік сейсмикалық құбылыстар.

С.В. Евдокимов

[1]Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара, Россия

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. В статье анализируется проблема сейсмостойкости основного оборудования гидроэлектростанций, показано, что решение этой задачи оказывается гораздо более сложным, чем представлялось ранее. Рассмотрены сценарии нарушения работы гидроэлектростанции при недостаточной сейсмостойкости ее оборудования. Сделан вывод о необходимости учета экзогенных и техногенных сейсмических событий на стадии проектирования при оценке опасных геологических процессов и явлений в месте размещения ГЭС.

Ключевые слова: гидроэлектростанции, основное оборудование ГЭС, грунты оснований, сейсмостойкость, экзогенные сейсмические явления, техногенные сейсмические явления.

ҒТАМР 67.09.33

Б.Б. Ахметов[1] – *негізгі автор,*
Р.Ф. Серова[2], С.А. Жаутикова[3]

[1]*Докторант,* [2]*Техн. ғылым. канд.,* [3]*Магистр*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-1697-7006* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7142-620X* [3]*https://orcid.org/0000-0002-8413-3331*

[1,2,3]*Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,*
Қарағанды қ., Қазақстан

[1]*Beibit.bakiuly@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/FLDK1400

ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДЫҢ КЕШЕНДІ ТӘСІЛІ

Аңдатпа. Мақалада тұрғын үйлердегі темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылау әдістемесі ұсынылған, ол бұзылмайтын бақылаудың, математикалық модельдеудің және болжаудың заманауи әдістерін кешенді қолдануға негізделген. Зерттеу барысында визуалды тексеру, аспаптық өлшеулер, математикалық модельдеу және Монте-Карло әдісі арқылы конструкциялардың техникалық жағдайы бағаланды. Нәтижесінде, визуалды тексеру кезінде 30% жағдайда ақаулар анықталды, ал аспаптық өлшеулер бетонның орташа беріктігі 25 МПа, арматураның беріктігі 400 МПа деңгейінде екендігін көрсетті. Математикалық модельдеу нәтижесінде конструкциялардың жүктемеге төзімділігі 7,5 МПа деңгейінде бағаланды, бұл бетонның беріктігінен төмен. Монте-Карло әдісі арқылы жүргізілген статистикалық талдау 10000 модельдеуден 1500 жағдайда құрылымның бұзылу ықтималдығын анықтады, бұл 15% құрады. Ұсынылған мониторинг әдістемесі ақауларды анықтауға, техникалық жағдайды бағалауға және қалдық қызмет мерзімін болжауға мүмкіндік берді, бұл тұрғын үйлердің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды. Тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылаудың кешенді әдістемесі заманауи талаптарға жауап беретін конструкциялардың сенімділігін бақылау және бағалау саласына елеулі үлес қосады.

Тірек сөздер: пайдалану сенімділігі, темірбетон конструкциялары, тұрғын үй ғимараттары, әдістемесі, диагностикасы, Монте-Карло әдісі.

Ахметов, Б.Б. Темірбетон конструкцияларының сенімділігін бағалаудың кешенді тәсілі [Мәтін] / Б.Б. Ахметов, Р.Ф. Серова, С.А. Жаутикова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.186-197. https://doi.org/10.55956/FLDK1400

Кіріспе. Заманауи тұрғын үй ғимараттары жүк көтергіш іргетас және құрылыс қоршау жүйесі ретінде темірбетон конструкцияларын кеңінен қолданумен сипатталады. Бұл құрылымдардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі адамдардың және олардың үйлерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажет. Пайдалану кезінде темірбетон конструкциялары әртүрлі әсерлерге ұшырайды, бұл осы құрылымдардың пайдалану сипаттамаларының нашарлауына және нәтижесінде төтенше жағдайларға әкелуі мүмкін. Тұрғын

үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау өзекті ғылыми-техникалық мәселе болып табылады. Бұл мәселені шешу ақауларды жылдам анықтау және жою, сондай-ақ ғимараттың бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде жұмыс қабілеттілігін сақтаудың тиімді шараларын әзірлеуге негізделген [1].

Тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін негізінен визуалды бақылау, аспаптық өлшеулер және зертханалық зерттеулер қолданылатын әдістер болып табылады. Бұл әдістердің кемшіліктері: олар өте күрделі, қымбат және тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының нақты жағдайына объективті баға беруге әрдайым мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, олар пайдалану кезінде құрылымдардың техникалық сипаттамаларының өзгеруін болжауға мүмкіндік бермейді [2].

Осыған байланысты қазіргі заманғы бұзылмайтын бақылау әдістерін, математикалық модельдер мен болжау әдістерін кеңінен қолдануға негізделген тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін мониторинг әдістемесін әзірлеу қажет.

Бұл зерттеудің мақсаты – техникалық жағдайды бағалау, кемшіліктерді анықтау және пайдалану кезінде техникалық сипаттамалардағы өзгерістерді болжауға мүмкіндік беретін тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін мониторинг әдістемесін әзірлеу.

Бұл жұмыстың ғылыми жаңалығы бұзылмайтын бақылау әдістерінің, математикалық модельдердің және болжаудың үйлесімі негізінде тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін мониторинг әдістемесін әзірлеуге бағытталған. Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы техникалық жағдайды тікелей бағалау және тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының беріктігін қамтамасыз ету үшін әзірленген әдістемені пайдалану мүмкіндігіне байланысты.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл мақалада тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бағалау үшін бірнеше әдістер мен методологиялар қолданылады. Алғашқы кезең визуалды тексеруді қамтиды, ол ғимараттардың құрылымдық элементтерін жарықтар, қабыршақтану, арматураның коррозиясы және басқа да көрінетін ақаулардың бар-жоғын тексеруді білдіреді. Одан кейін бетон мен арматураның физикалық және механикалық қасиеттерін анықтау үшін аспаптық өлшеулер жүргізіледі.

Сонымен қатар, конструкциялардың кернеулі-деформациялық күйін талдау үшін элементтердің өлшемдерін, материалдардың қасиеттерін және жүктемелердің сипатын ескеретін математикалық модель жасалады. Конструкциялардың бұзылу ықтималдығын бағалау үшін статистикалық талдау, атап айтқанда, Монте-Карло әдісі қолданылады, бұл әдіс негізгі параметрлер, мысалы, бетонның беріктігі, арматураның беріктігі және жүктемелер үшін кездейсоқ мәндерді генерациялауды және алынған деректерді талдауды қамтиды.

Осылайша, визуалды тексеруді, аспаптық өлшеулерді, математикалық моделдеуді және статистикалық талдауды біріктіретін кешенді тәсіл конструкциялардың техникалық жағдайын жан-жақты бағалауға және олардың эксплуатациялық сенімділігін болжауға мүмкіндік береді. Бұл

әдістер ақауларды анықтауға ғана емес, сонымен қатар темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сипаттамаларына олардың әсерін бағалауға да мүмкіндік береді, бұл тұрғын үйлердің қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ғимараттар мен құрылымдардың техникалық жай-күйін тексеру және мониторинг нәтижелері тиісті қорытындылар түрінде тексеру немесе бақылау іс-шараларын жүргізу туралы дәлелді шешімдерді қабылдау үшін қажетті мәліметтерді қамтуға тиіс.

Кешенді зерттеу әдістерінің болмауы зерттеу мақсаттарының әртүрлілігімен және қолданылатын ортақ өлшеу құралдарының, нәтижелерді өңдеу және жалпылау әдістерінің болмауымен (көп жағдайда салыстыруға келмейтін шашыраңқы деректерге әкеледі) [3,4].

Тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылаудың жалпы құрылымын 1-диаграмма түрінде көрсетуге болады.



Сурет 1. Тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылау жүйесі

Тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылауды екі негізгі құрамдас бөлікке бөлуге болады: ақпараттық жүйе және бақылау. Ақпараттық жүйе жағдайды бақылауға және болжауға негізделген. Бақылау – темірбетон конструкцияларының сенімділігін бағалау.

Темірбетон конструкцияларындағы көрнекі ақаулармен байланысты негізгі мәселелерді жақсы түсіну үшін 2-суретті қарастырыңыз.

Осылайша, суретте темірбетон конструкцияларында пайда болуы мүмкін ақаулардың негізгі түрлері көрсетілген, олардың жұмысқа жарамдылығын қамтамасыз ету үшін бақылау мен бақылаудың маңыздылығы көрсетілген.



а) б)

а) монолитті темірбетонды іргетастағы жарықшақ; б) тірек арматурасының коррозиясы

Сурет 2. Ақаулардың негізгі түрлері

Бұл әдістерге құрылымдық жөндеуді есепке алу ерекшелігі бар сандық әдіс жатады. Бұл әдісте құрылымдық жөндеу физикалық тозу көрсеткішіне негізделген. Оны сараптамалық тестілеу әдістерімен жақсартуға болады.

Әрі қарай параметрлік әдісті қарастырамыз. Бұл әдіс ғимараттың пайдалану параметрлерінің бірін өзгерту мүмкіндігіне негізделген. Ғимараттың эксплуатациялық параметрлері, өз кезегінде, бетонның беріктігін, болат шыбықтардың тозуын және т.б. анықтайды.

Тағы бір әдіс «жүк көтеру» әдісі деп аталады. Бұл әдіс жүк көтергіштігі мен жүктемесіне тәуелділікті қамтитын темірбетон құрылымының бір мезгілде өзгеруін есепке алу мүмкіндігін қамтиды.

«Жүктеме-деформация» сияқты әдісті қарастырайық. Бұл әдіс материалдың ескіруіне байланысты шамадан тыс деформация мен жүктеменің өзгеруін есепке алуға баса назар аударады.

Осылайша, осы әдістерді қолданудың үйлесімі әрбір әдісте жеке байқалатын қателерді болдырмауға мүмкіндік береді және сенімді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді [5].

Темірбетон конструкцияларының сенімділігін бағалау үшін 3-суретте көрсетілген әртүрлі әдістерді қолдануға болады.



Сурет 3. Күрделі жүйелердің қызмет ету мерзімін бағалау және болжау әдістері

Конструкциялардың техникалық жағдайын визуалды тексеру тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін әзірленген мониторинг әдістемесінің маңызды

бірінші кезеңі болып табылады. Бұл кезеңде ғимараттың құрылымдық элементтерін визуалды тексеру жүргізіледі. Жарықтар, жоңқалар, арматуралардың коррозиясы, деформациялар және басқа ақаулар тіркеледі. Осы мақсатта өлшеу құралдары қолданылады. Тест нәтижелері сипаттамалар, диаграммалар және фотосуреттер түрінде ұсынылған. Темірбетон конструкцияларындағы ақаулар көзбен шолу арқылы анықталады және жіктеледі [6]. Темірбетон конструкцияларын көзбен шолу кезіндегі ақаулардың жіктелуі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Сыртқы белгілер бойынша темірбетон конструкцияларындағы ақаулар

Құрылымдық жағдай категориясы	Құрылымдық жағдайдың белгілері
I – нормативті	Арқалықтардың бетон беті көрінетін ақауларсыз, коррозияға қарсы қорғаныс қалыпты, арматура таза, коррозиясыз.
II – операциялық	Арқалықтардың қорғаныш қабатының ішінара зақымдануы, арматураның аздаған коррозиясы, бетонның түсінің өзгеруі.
III – шектеулі өнімділік	Арқалықтардағы елеулі ақаулар: жарықтар, арматураның коррозиясы, деформациялар, тұтастығын жоғалту.
IV – төтенше жағдай	Арқалықтардағы жарықтар, арматураның қысқаруы, бетонның ұсақталуы, құрылымдардың бұзылу және құлау қаупі.
Ескерту: [7] дереккөз бойынша авторлар құрастырған	

Қарастырылған ақпарат негізінде біз тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін мониторинг әдістемесін әзірлеуге көшеміз. Ол үшін 4-суретте тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау үшін мониторингтің негізгі кезеңдерін егжей-тегжейлі қарастырамыз.



Сурет 4. Тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтау мониторингі әдістемесінің негізгі кезеңдері

Әртүрлі әдістерді кешенді қолдану темірбетон конструкцияларының техникалық жағдайын кешенді бағалауға және олардың эксплуатациялық сенімділік деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Негізгі әдістердің бірі визуалды тексеру болып табылады, ол келесі негізгі міндеттерді қамтиды:

– жарықтар, пилингтер, арматураның коррозиясы, деформациялар және басқа да көрінетін бұзылулар сияқты айқын зақымданулар мен ақауларды анықтау;

– өлшеу аспаптарының көмегімен анықталған ақаулардың санын, орналасуын және сипаттамаларын тіркеу;

– құрылымдардың жалпы жағдайын, оның ішінде олардың геометриялық өлшемдерін, ағып кету, гүлдену, биологиялық зақымдану және басқа да тозу белгілерінің іздерінің болуын бағалау;

– анықталған ақауларды құрылымдық жағдайдың деңгейлері бойынша жіктеу.

Тұрғын үйлердегі темірбетон элементтерінің ағымдағы жағдайын талдау үшін бетонның және арматураның физикалық-механикалық қасиеттерін аспаптық өлшеуді жүргізу өте маңызды. Бұл осы материалдарды пайдалану кезінде өзгеруі мүмкін беріктік сипаттамалары туралы сенімді деректерді алуға мүмкіндік береді.

Кең таралған әдістердің бірі – бетонның қысу беріктігін анықтау үшін қолданылатын кесу әдісі. Процесс конструкцияға цилиндрлік бетон үлгілерін бұрғылауды қамтиды, содан кейін олар арнайы жабдықтың көмегімен жойылады. Мұндай сынақтардың нәтижелері конструкциядағы бетонның нақты беріктігін орнатуға және оны теориялық есептеулермен салыстыруға мүмкіндік береді [8]. Пиллинг әдісімен сынақтарды жүргізу үшін келесі құралдар қолданылады:

1. Алмаз қашау – конструкциядан бетон үлгілерін бұрғылау үшін қолданылады. Тәждің қажетті үлгінің өлшеміне сәйкес келетін ішкі диаметрі бар цилиндрлік пішіні бар (әдетте 50-100 мм).

2. Бетон үлгісін сынауға арналған құрылғы келесі негізгі құрамдастарды қамтиды:

– Бұрғыланған үлгінің айналасына орналастырылған және оның тұрақты орнын қамтамасыз ететін тірек сақинасы;

– Үлгіні алу үшін қажетті көтеру күшін тудыратын гидравликалық немесе механикалық домкрат;

– Үлгіні сындыру үшін қажетті күшті өлшеуге арналған динамометр немесе тензорметр.

3. Калибр үлгінің диаметрі мен биіктігі сияқты геометриялық параметрлерін өлшеу үшін қолданылады.

4. Үлгінің массасын анықтау үшін баланс қолданылады [9].

Арматура жағдайын талдау үшін ультрадыбыстық сынақ қолданылады. Арнайы құрылғылардың көмегімен бетонның қорғаныш қабатының қалыңдығы және арматуралық жолақтардың диаметрі өлшенеді, бұл коррозияға байланысты арматураның көлденең қимасы қысқарған аумақтарды анықтауға мүмкіндік береді [10].

Клапандарды ультрадыбыстық сынауға арналған негізгі құралдарға мыналар жатады [11,12]:

1. Бетонның қорғаныс қабатының қалыңдығын және арматуралық жолақтардың диаметрін өлшеу үшін ультрадыбыстық түрлендіргішті қолданатын ультрадыбыстық дефектоскоп.

2. Арматура үстіндегі бетонның қорғаныс қабатының қалыңдығын анықтауға арналған ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіш.

3. Ультрадыбыстық профилометр, ол құрылымның бетін сканерлейді және коррозиядан туындаған арматура диаметрінің өзгеруін анықтайды.

Бетон мен арматураның нақты сипаттамалары туралы алынған деректер құрылымдардың жүк көтергіштігін бағалау және ғимараттың қалдық қызмет ету мерзімін анықтау үшін негізгі болып табылады.

Конструкциялардың кернеулі-деформациялық күйін математикалық модельдеу тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін анықтаудағы маңызды қадам болып табылады [13]. Құрылымның математикалық моделін жасау үшін алдымен элементтердің өлшемдері, бетон және арматура сияқты қолданылатын материалдардың қасиеттері және конструкцияға әсер ететін жүктемелердің сипаты туралы мәліметтерді жинау қажет. Бұл деректер әдетте жобаның алдын ала кезеңдерінде, соның ішінде визуалды бақылау мен бақылау-өлшеу аспаптарымен жинақталады.

Біркелкі бөлінген жүктемеге ұшыраған темірбетонды арқалықтың математикалық моделін құрудың мысалын қарастырайық [14].

Бастапқы деректер ретінде келесі мәндер алынды: арқалық ұзындығы L = 6 м, қима ені b = 0,2 м, қима биіктігі h = 0,3 м, бетонның сығуға беріктігі σ = 25 МПа, бетон серпімділік модулі Eb = 30 ГПа, модуль арматураның серпімділігі Ea = 200 ГПа, біркелкі бөлінген жүктеме q = 5 кН/м.

Көлденең қиманың ауданын (A) және инерция моментін (I) есептейік:

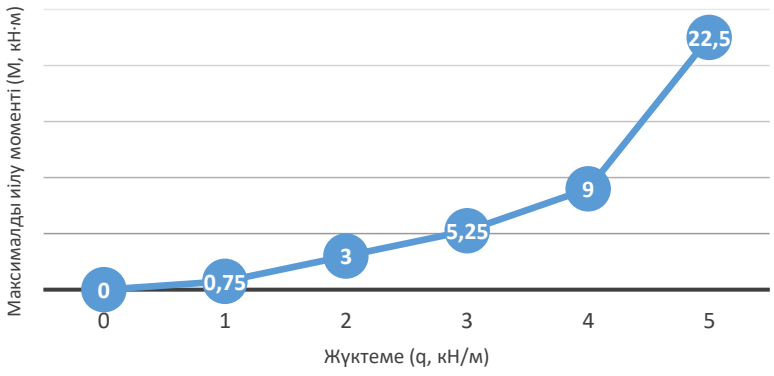
$$A = b \cdot h = 0{,}2 \cdot 0{,}3 = 0{,}06\ \text{м}^2 \quad (1)$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0{,}2 \cdot 0{,}33}{12} = 0{,}00045\ \text{м}^4 \quad (2)$$

Біркелкі жүктеме кезінде арқалықтың ортасындағы ең үлкен иілу моментін (Mmax) анықтайық:

$$M_{max} = \frac{q \cdot L^2}{8} = 22500\ \text{Н} \cdot \text{м} = 22{,}5\ \text{кН} \cdot \text{м} \quad (3)$$

5-суретте жүк (q) 1-ден 5 кН/м-ге дейін өзгерген кезде ең үлкен иілу моменті кН·м қалай өзгеретінін қарастырамыз.



Сурет 5. Бетон беріктігінің жүктемеге тәуелділігі

Жүктеме мен максималды иілу моменті арасындағы тәуелділік конструкцияның беріктігін бағалауда маңызды фактор болып табылады. Бұл деректер құрылымдардың эксплуатациялық сенімділігін қамтамасыз ету үшін қажетті ақпаратты береді. Бетонның беріктігі мен конструкцияның жүктемеге төзімділігін ескере отырып, құрылыс жобаларын тиімді жоспарлау және жүзеге асыру үшін бұл ақпаратты пайдалану қажет.

Арқалық қимадағы максималды қалыпты кернеуді (σ) есептейік:

$$\sigma = (M_{max} \cdot y)/I \quad (4)$$

$$y = h/2 \quad (5)$$

мұндағы, y – бейтарап осьтен ең шеткі толқынға дейінгі қашықтық (жоғарғы немесе төменгі), м.

$$\sigma = (22{,}5 * 0{,}3/2) / 0{,}00045 = 7500000 \text{ Па} = 7{,}5 \text{ Мпа}$$

Күш сынағы есебін орындайық. Алынған кернеуді бетонның беріктігімен (σ және σb) салыстырамыз:

$$7{,}5\text{МПа} < 25\text{Мпа}$$

Осылайша, құрылым жүктемеге төтеп бере алады.

Арқалықтың деформациясын (d) анықтау үшін мыналарды қолдануға болады:

$$d = \frac{\sigma}{E_б} = 7{,}5 \cdot 106/30 \cdot 10^9 = 0{,}00025 \quad (6)$$

Құрылымның ұқсас жүктемелермен жұмыс істейтініне сенім артып, қалдық қызмет мерзімін болжауда сәтсіздік ықтималдығын бағалау үшін Монте-Карло [15] әдісін қолдануға болады. Монте-Карло әдісін іске асыру үшін, құрылымның беріктігіне әсер ететін негізгі факторларды анықтау қажет: бетонның беріктігі, арматураның беріктігі, жүктемелер және материалдардың серпімділік модулі.

Әр айнымалы үшін ықтималдық үлестірімін көрсету керек. Мәселен, бетонның беріктігі 25 МПа орташа және 2 МПа стандартты ауытқуымен қалыпты таралуға ие. Арматураның беріктігі 400 МПа орташа және 20 МПа стандартты ауытқуымен қалыпты таралуға жатады. Жүктемелер q орташа 5 кН/м және 0,5 кН/м стандартты ауытқуымен қалыпты таралады.

Модельдеу процесі кездейсоқ сандар генераторын пайдаланып, берілген үлестірімдерден әр айнымалы үшін мәндерді генерациялаудан басталады. Содан кейін, кездейсоқ мәндердің әр жиынтығы үшін максималды қалыпты кернеулер есептеліп, оларды талдау жүргізіледі. Егер есептелген кернеулер бетонның немесе арматураның беріктігінен асып кетсе, құрылым бұзылған болып саналады.

Кездейсоқ мәндер мен есептеулерді жасау процедурасы статистикалық маңызды нәтижелер алу үшін, мысалы, 10 000 рет қайталануы тиіс. Барлық есептеулер аяқталғаннан кейін, 10 000 модельдеудің қаншасы құрылымның бұзылуына әкелгенін анықтауға болады. Бұзылу ықтималдығы (P_r) төмендегі формуламен есептеледі:

$$P_r = N_r/N_t \quad (7)$$

мұндағы: N_r – жойылу жағдайларының саны; N_t – модельдеулердің жалпы саны, қарастырылып отырған мысалда 10000.

Осылайша, тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бағалау үшін кешенді мониторинг әдістемесін әзірлеу, визуалды тексеру, аспаптық өлшеу, математикалық модельдеу және статистикалық талдау әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдістердің үйлесімі конструкциялардың техникалық жағдайын жан-жақты бағалауға және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер тұрғын үйлердің темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылаудың кешенді тәсілін жасауға мүмкіндік берді. Бұл тәсіл бұзылмайтын бақылаудың, математикалық модельдеудің және болжаудың заманауи әдістерінің үйлесімі негізінде құрылған.

Темірбетон конструкцияларының техникалық жай-күйін бағалаудың қолданыстағы әдістерін талдау сенсорлық жүйелердің жаңа технологияларын және автоматтандырылған деректерді жинау құралдарын пайдалана отырып, визуалды бақылау мен аспаптық өлшеудің дәстүрлі әдістерін біріктіретін кешенді тәсілді әзірлеу қажеттілігін көрсетті.

Ұсынылған мониторинг әдістемесі кезеңдердің бірізділігін қамтиды: визуалды тексеру, материалдардың физикалық-механикалық қасиеттерін аспаптық өлшеу, конструкциялардың кернеулі-деформациялық күйін математикалық модельдеу, ықтималдық әдістер негізінде қалдық қызмет мерзімін бағалау. Бұл кешенді тәсіл құрылымдардың техникалық жағдайын кешенді бағалауға, ақауларды анықтауға және уақыт өте келе пайдалану сипаттамаларының өзгеруін болжауға мүмкіндік береді.

Материалдың беріктігі мен жүктемелерінің кездейсоқ факторларын ескере отырып, конструкцияның бұзылу ықтималдығын бағалау үшін Монте-Карло әдісін қолдану тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының қалған қызмет ету мерзімін дәл болжауға мүмкіндік береді. Бұл ғимараттардың қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды.

Осылайша, тұрғын үй ғимараттарының темірбетон конструкцияларының эксплуатациялық сенімділігін бақылаудың ұсынылып отырған кешенді әдістемесі тұрғын үй ғимараттарының қауіпсіздігі мен орнықтылығының заманауи талаптарына жауап беретін конструкциялардың сенімділігін бақылау және бағалау саласына елеулі үлес қосады.

Әдебиеттер тізімі

1. Декдерханов, М.К. Қазақстандағы құрылыс индустриясын мемлекеттік реттеу мәселелері 2021. [Электрондық ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://docs.yandex.kz/docs/view?tm=1724904473&tld=kz&lang=kk&na-me=Дек-дерхан-М-каз. https://doi.org/10.53355/c4648-8173-5925-m.
2. Hoła J., Runkiewicz L. Methods and diagnostic techniques used to analyse the technical state of reinforced concrete structures //Metody i techniki diagnostyczne stosowane w ocenie stanu technicznego konstrukcji żelbetowych. – 2018. – Vol. 10. – No. 4. – P.309-337.
3. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 19 ноября 2015 года № 702. Об утверждении Правил осуществления технического обследования надежности и устойчивости зданий и сооружений [Текст]:

Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 18 декабря 2015 года № 12425.
4. СП РК 1.04-101-2012. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений [Текст]. – Введ. 01.07.2015. – Астана, 2015. – 89 с.
5. Смоляго Г.А. Современные подходы к расчету остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями [Текст] / Г.А. Смоляго, Н.В. Фролов //Вестник Томского государственного архитектурностроительного университета. – 2019. – Т. 21. – № 6. – С. 88-100.
6. Петров М.И. Дефекты и повреждения железобетонных конструкций [Текст] / М.И. Петров //Молодой ученый. – 2023. – № 3(450). – С.134-137.
7. Краснощеков Ю.В. Модель прочности бетона на отрыв со скалыванием [Текст] / Ю.В. Краснощеков //Вестник СибАДИ. – 2021. – № 2(78). – С. 216-224.
8. Xu Y., Jin R. Measurement of reinforcement corrosion in concrete adopting ultrasonic tests and artificial neural network //Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 177. – P. 125-133.
9. Zatar W. A., Nguyen H. D., Nghiem H. M. Ultrasonic pitch and catch technique for non-destructive testing of reinforced concrete slabs //Journal of Infrastructure Preservation and Resilience. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-13.
10. Драпалюк Д.А. Мониторинг состояния жилого фонда и его физический износ, проведение обследований строительных материалов и конструкций [Текст]: учеб.-метод. пособие / Д.А. Драпалюк. – Воронеж: Воронежский ГАСУ. – 2013. – 82 с.
11. Оценка технического состояния железобетонных конструкций по внешним признакам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.steps.ru/article/otsenka_tehnicheskogo_sostoyaniya_zhelezobetonnyh_konstruktsiy_po_vneshnim_priznakam/.
12. Определение прочности бетона методом отрыва со скалыванием. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sksatisexpert.com/articles/opredelenie-prochnosti-betona-metodom-otryva.
13. Улыбин А.В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ozis-venture.ru/files/publications/Ulybin_kp_arm.pdf.
14. Математическое моделирование напряженно-деформируемого состояния конструкций и материалов. – 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ranv.ru/2022/11/26/matematicheskoe-modelirovanie-naprya-zhenno-deformiruemogo-sostoyaniya-konstrukczij-i-materialov/.
15. Расчет вероятности разрушения методом Монте-Карло. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e-ecolog.ru/docs/N-3aWPdmpHTncwrHq_-Ok5/919?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.kz%2F.

Материал редакцияға 10.10.24 түсті.

Б.Б. Ахметов[1], Р.Ф. Серова[1], С.А. Жаутикова[1]

[1]Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье представлена методика мониторинга эксплуатационной надежности железобетонных конструкций жилых зданий, основанная на комплексном применении современных методов неразрушающего контроля, математического моделирования и прогнозирования. В ходе исследования оценивалось техническое состояние конструкций с использованием визуального

осмотра, инструментальных измерений, математического моделирования и метода Монте-Карло. В результате визуального осмотра было выявлено 30% случаев наличия дефектов, а инструментальные измерения показали, что средняя прочность бетона составляет 25 МПа, прочность арматуры – 400 МПа. В результате математического моделирования нагрузочная способность конструкций была оценена на уровне 7,5 МПа, что ниже прочности бетона. Статистический анализ, проведенный методом Монте-Карло, выявил вероятность разрушения конструкции в 1500 случаях из 10000 моделирований, что составило 15%. Предложенная методика мониторинга позволяет не только выявлять дефекты, но и оценивать техническое состояние, а также прогнозировать остаточный срок службы, что является важным для обеспечения безопасности и надежности жилых зданий. Комплексная методика мониторинга эксплуатационной надежности железобетонных конструкций жилых зданий вносит значительный вклад в области контроля и оценки надежности конструкций, отвечающих современным требованиям.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, железобетонные конструкции, жилые здания, методика, диагностика, метод Монте-Карло.

B.B. Akhmetov[1], R.F. Serova[1], S.A. Zhautikova[1]

[1]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

INTEGRATED METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract. The article presents a methodology for monitoring the operational reliability of reinforced concrete structures of residential buildings based on the integrated use of modern non-destructive testing methods, mathematical modeling and forecasting. The study assessed the technical condition of the structures using visual inspection, instrumental measurements, mathematical modeling and the Monte Carlo method. As a result of visual inspection, 30% of cases of defects were identified, and instrumental measurements showed that the average concrete strength is 25 MPa, the reinforcement strength is 400 MPa. As a result of mathematical modeling, the load-bearing capacity of the structures was estimated at 7.5 MPa, which is lower than the concrete strength. Statistical analysis carried out by the Monte Carlo method revealed the probability of structure failure in 1500 cases out of 10000 simulations, which amounted to 15%. The proposed monitoring technique allows not only to identify defects, but also to assess the technical condition, as well as to predict the remaining service life, which is important for ensuring the safety and reliability of residential buildings. The integrated methodology for monitoring the operational reliability of reinforced concrete structures of residential buildings makes a significant contribution to the field of control and assessment of the reliability of structures that meet modern requirements.

Keywords: operational reliability, reinforced concrete structures, residential buildings, methodology, diagnostics, Monte Carlo method.

References

1. Dekderkhanov, M.K. K¸azak¸standağy k¸ūrylys industriyasyn memlekettík retteu məselelerí 2021. [Problems of state regulation of the construction industry in Kazakhstan 2021] [Electronic resource]. – Access mode: https://docs.yandex.kz/docs/view?tm=1724904473&tld=kz&lang=kk&na-me=Dek-derkhan-M-kaz. https://doi.org/10.53355/c4648-8173-5925-m. [in Kazakh].
2. Hoła J., Runkiewicz L. Methods and diagnostic techniques used to analyse the technical state of reinforced concrete structures //Metody i techniki diagnostyczne stosowane w ocenie stanu technicznego konstrukcji żelbetowych. – 2018. – Vol. 10. – No. 4. – R.309-337.

3. Prikaz Ministra natsional'noy ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 19 noyabrya 2015 goda № 702. Ob utverzhdenii Pravil osushchestvleniya tekhnicheskogo obsledovaniya nadezhnosti i ustoychivosti zdaniy i sooruzheniy [Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated November 19, 2015 No. 702. On approval of the Rules for the implementation of a technical survey of the reliability and stability of buildings and structures]: Registered in the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on December 18, 2015 No. 12425. [in Russian].
4. SP RK 1.04-101-2012. Obsledovaniye i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy [Inspection and assessment of the technical condition of buildings and structures]. – Introduced. 01.07.2015. – Astana, 2015. – 89 p. [in Russian].
5. Smolyago G.A., Frolov N.V. Sovremennyye podkhody k raschetu ostatochnogo resursa izgibayemykh zhelezobetonnykh elementov s korrozionnymi povrezhdeniyami [Modern approaches to calculating the residual life of bending reinforced concrete elements with corrosion damage] //Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2019. – Vol. 21. – No. 6. – P. 88-100. [in Russian].
6. Petrov M.I. Defekty i povrezhdeniya zhelezobetonnykh konstruktsiy [Defects and damage to reinforced concrete structures] //Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2023. – No. 3(450). – P.134-137. [in Russian].
7. Krasnoshchekov YU.V. Model' prochnosti betona na otryv so skalyvaniyem [Model of concrete strength for peeling with shearing] //Vestnik SibADI [Bulletin of SibADI]. – 2021. – No. 2(78). – P. 216-224. [in Russian].
8. Xu Y., Jin R. Measurement of reinforcement corrosion in concrete adopting ultrasonic tests and artificial neural network //Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 177. – P. 125-133.
9. Zatar W. A., Nguyen H. D., Nghiem H. M. Ultrasonic pitch and catch technique for non-destructive testing of reinforced concrete slabs //Journal of Infrastructure Preservation and Resilience. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-13.
10. Drapalyuk D.A. Monitoring sostoyaniya zhilogo fonda i yego fizicheskiy iznos, provedeniye obsledovaniy stroitel'nykh materialov i konstruktsiy [Monitoring the condition of the housing stock and its physical deterioration, conducting surveys of building materials and structures]: textbook.-method. manual. – Voronezh: Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. – 2013. – 82 p. [in Russian].
11. Assessment of the technical condition of reinforced concrete structures by external signs. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.steps.ru/article/otsenka_tehnicheskogo_sostoyaniya_zhelezobetonnyh_konstruktsiy_po_vneshnim_priznakam/. [in Russian].
12. Determination of the strength of concrete by the method of separation with chipping. [Electronic resource]. - Access mode: https://sksatisexpert.com/articles/opredelenie-prochnosti-betona-metodom-otryva. [in Russian].
13. Ulybin A.V. Methods for monitoring the parameters of reinforcement of reinforced concrete structures. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.ozis-venture.ru/files/publications/Ulybin_kp_arm.pdf. [in Russian].
14. Mathematical modeling of the stress-strain state of structures and materials. – 2022. [Electronic resource]. – Access mode: https://ranv.ru/2022/11/26/matematicheskoe-modelirovanie-naprya-zhenno-deformiruemogo-sostoyaniya-konstrukczij-i-materialov/. [in Russian].
15. Calculation of the probability of destruction by the Monte Carlo method. [Electronic resource]. – Access mode: https://e-ecolog.ru/docs/N-3aWPdmpHTncwrHq_-Ok5/919?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.kz%2F. [in Russian].

ҒТАМР 67.09.45

Ә.Қ. Жусипбеков[1] – *негізгі автор*,
Д.Ж. Артықбаев[2], **У.Б. Абдикерова**[3],
Қ.С. Досалиев[4], **И.Ғ. Икрамов**[5]

[1]*Аға оқытушы,* [2]*PhD, аға оқытушы,* [3,5]*PhD,* [4]*PhD, доцент*

ORCİD
[1]*https://orcid.org/0009-0001-4123-8395* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4794-8707*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-1630-6229* [4]*https://orcid.org/0000-0002-5423-9231*
[5]*https://orcid.org/0009-0007-7454-6339*

[1,2,4]*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан*
[3]*Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан*
[5]*Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан*

@ [2]*artykbaev_d@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/AWPC4207

ЖАҢА ҚАТТЫ БЕТТІ АКРИЛДІ ҚАПТАУ ПАНЕЛЬДЕРІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ, ЖЫЛУ ӨНІМДІЛІГІ МЕН БЕРІКТІГІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Құрылыс секторындағы энергияны тұтынуды және жаһандық шығарындыларды одан әрі азайтуға бағытталған халықаралық күш-жігерге сәйкес, қаптау жүйелері ғимараттардың жалпы энергия тиімділігіне қосқан іргелі үлесінің арқасында шешуші рөл атқара алады. Бұл мақалада акрил негізіндегі қатты беті бар инновациялық материалдан жасалған жаңа қаптау панельдерінің сипаттамаларын анықтауға пәнаралық тәсілді қолдану қарастырылады. Олардың өнімділігі әртүрлі механикалық, термиялық және беріктік сынақтарынан бағаланды, олар серпімділік пен қоршаған ортаның қатал жағдайларына, желдің қатты жүктемелеріне немесе температураның айтарлықтай өзгеруіне төзімділік тұрғысынан перспективалы нәтижелер көрсетті.

Тірек сөздер: қаптау панельдері, жасанды акрил тас, механикалық сипаттамалары, инновациялық материал.

Жусипбеков, Ә.Қ. Жаңа қатты бетті акрилді қаптау панельдерінің механикалық, жылу өнімділігі мен беріктігін анықтау [Мәтін] / Ә.Қ. Жусипбеков, Д.Ж. Артықбаев, У.Б. Абдикерова, Қ.С. Досалиев, И.Ғ. Икрамов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.198-211. https://doi.org/10.55956/AWPC4207

Кіріспе. Алдағы жылдары құрылыс индустриясының өсуіне және тұрғын үй мен коммерциялық құрылыста энергияны үнемдейтін ғимараттарға сұраныстың артуына байланысты қаптау жүйелерінің әлемдік нарығы кеңейеді деп болжануда [1]. Қаптау индустриясы негізінен механикалық және жылу өнімділігімен, эстетикалық көрінісімен және беріктігімен ерекшеленетін өнімдердің кең ассортиментін қамтитындықтан, қасбеттік жүйелердің бұл түрінің артықшылығы олардың жөндеу кезінде де, жаңа құрылыста да ғимараттың жалпы энергия тиімділігіне қосқан үлесі болып табылады.

Қаптау жүйелері, әсіресе желдетілетін қасбет технологиясында қолданылатындар оңтайлы шешім болар еді. Өйткені олар энергия тиімділігі және төмен қызмет ету мерзімі сияқты маңызды мақсаттарға қол жеткізуге негізгі үлес қосады [2,3]. Желдетілетін қасбеттердің бірқатар артықшылықтары бар, мысалы, климаттық және ауа-райы факторларынан ұзақ мерзімді қорғаныс, біркелкі емес тірек беттерінде пайдалану мүмкіндігі және оқшаулағыш материалдармен әдеттегі үйлесімділіктің арқасында энергия тиімділігі. Сонымен қатар, желдетілетін қуыстың болуы жазда айтарлықтай салқындату әсерін қамтамасыз етеді және қыста жылу оқшаулауына ықпал етеді. Дегенмен, құрылыс өнімдеріне арналған ЕО стандартына [4] және желдетілетін қасбеттерге арналған нормативтік құжаттарға [5] сәйкес, бұл шешімдер қауіпсіздік пен тұрақтылықты, гигротермиялық жайлылық пен беріктікті қоса алғанда, бірқатар пайдалану талаптарына сәйкес келуі керек. Қабылдануы мүмкін әртүрлі материалдардың механикалық өнімділігін бағалаудың бірнеше стандарттары бар (мысалы, ағаш негізіндегі материалдар үшін EN310, тас үшін EN12372, бетон үшін EN491, HPL ламинаты үшін EN ISO 178 және т.б.) және олардың жылу өнімділігі, бірақ жүйенің жаһандық өнімділігіне қатысты сілтемелер аз.

Қаптау тақтасы сияқты құрылыс өнімінің сипаттамаларын анықтау процесі оның жылу сипаттамаларын, сондай-ақ физикалық және механикалық сипаттамаларын ескеретін кешенді тәсілді қажет етеді. Осы тұрғыда осы мақалада акрил негізіндегі инновациялық қатты беткі материалдан жасалған жаңа перспективалы қаптау панелін сипаттау үшін жүргізген зерттеулердің кейбір нәтижелерін ұсына отырып, осы тәсілдің қолданылуы егжей-тегжейлі сипатталған [6]. Дайын жасанды тас – бұл көбінесе жиһаз бен белгілер жасау үшін қолданылатын өнеркәсіптік материал. Мұнда кеуектілігі мен күтімінің қарапайымдылығы жоғары бағаланады. Жақында бұл материал архитектурада беріктік, тазалық, ылғалдың төмен сіңуі және дақтарға, ластаушы заттарға, жуғыш заттарға, ылғалдылыққа және мұздату, суыту жағдайларына төзімділігі арқасында жаңбырдан қорғайтын қасбеттерді қаптау ретінде қолданыла бастады. Бұл мақалада, құрамында акрил шайырлары, минералды толтырғыштар және бояғыш заттар кіретін акрил негізіндегі жаңа композициялық қатты бетке жүргізілген әртүрлі механикалық және термиялық сынақтардың нәтижелері келтірілген. Материал акрил шайырларына негізделген және желдетілетін қасбеттерде қолдану үшін арнайы жасалған әртүрлі қалыңдығы мен өлшемдері бар парақтар түрінде келеді [7].

Акрил панельінің сипаттамаларын анықтау үшін сынақ тізбегінде қолданылатын жалпы әдістеме талқыланады. Атап айтқанда, материалдың өзі (иілу кезіндегі сипаттамалар) және жалпы қасбет пен бекіту жүйесі (жел және локализацияланған нүктелік жүктемелер) тұрғысынан бағаланатын механикалық сипаттамаларға назар аударылады. Материал мен жүйенің беріктігі мен жылу сипаттамаларының аспектілері егжей-тегжейлі қарастырылады, олардың сипаттамалары табиғи және жеделдетілген әсер ету кезінде бағаланады. Соңында, жаңа панельдердің байқалған сипаттамалары негізделген кейбір соңғы негізгі ескертулерді беретін зерттеудің жалпы нәтижелерін талқылауға арналған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Осы мақаланың мақсаты болып табылатын зерттеу тек көп салалы сынақ тізбегі аясында жүргізілді және мұндай қаптау панельдері мен оларды бекіту жүйесі қызмет ету мерзімі

ішінде орындауы керек. Негізгі сипаттамаларды бағалау үшін бірнеше сынақтар мен ұзақ мерзімді бақылауды қамтыды, соның ішінде:

– материалдың механикалық әрекеті (иілу);

– дизайн қауіпсіздігі жүйелер әдеттегі (жел) немесе кездейсоқ (соққы) әсерге ұшыраған кезде;

– материалдың және жүйенің беріктігі, табиғи және жеделдетілген радиация мен температураның әсерінен қартаюға төзімділігі (сызықтық жылу кеңеюі, инфрақызыл сәулелену, беткі температура, түс тұрақтылығы).

Стандартты сынақ процедураларына сәйкес, 1-кестеде егжей-тегжейлі сипатталғандай, салыстыру мақсатында 10 мм тұрақты қалыңдығын сақтай отырып, әртүрлі ұзындықтар мен тереңдіктердің әртүрлі үлгілері пайдаланылды.

Кесте 1

Үлгілердің өлшемдері және тиісті сынақтар

Кодтар	Өлшемдері, мм	Қатысты сынақтар
F	80x15x10	Иілу сынағы
T	300x30x10	Өлшем тұрақтылығы – сызықтық жылу кеңеюі
C (жиналған жүйе)	1200x690x10 (қаптау панелі)	Жел жүктемесіне төзімділік, локализацияланған нүктелік жүктемеге, төзімділік өлшем тұрақтылығы
S	300x400x10	Табиғи әсер

Кіріспеде болжанғандай, тиісті мақсаттар мен стандартты сынақ процедураларына сәйкес әртүрлі сынақтарға арналған нақты параметрлер тиісті кейінгі бөлімдерде толығырақ берілген. Мақаланың басты мақсаттарының бірі – механикалық және термиялық сипаттамалары, сондай-ақ беріктігі бір-бірімен тығыз байланысты элементтердің осы түрін сипаттау кезінде қолданылуы керек.

Зерттеу нәтижелері. Механикалық өнімділік сипаттамасы жоғарыда айтылғандай, құрылыс материалдары және қаптау материалдары механикалық өнімділікке қойылатын көптеген талаптарға сай болуы керек. Өйткені олар ғимараттың сыртқы қабығы болып табылады. Қаптау панелі кез келген басып кіруден, соққылардан және климаттық факторлардан қорғауы керек. Зерттеу нысаны панельдерінің қауіпсіздігі мен беріктігін бағалау үшін бірнеше сынақтар жүргізілді, бірақ мұнда материалдың ерекшеліктерін көрсету үшін тек иілу, желге төзімділік және нүктелік жүктеме сынақтарының нәтижелері берілген.

Иілу сынақтары пластмассаларға арналған тиісті ережелерге сәйкес жүргізілді [8] σf (МПа) иілу беріктігін, εf (-) номиналды деформациясын және E (МПа) серпімділік модулін сондай-ақ, иілу мен номиналды деформация кезіндегі номиналды кернеу қатынасын анықтау мақсатында, (1-кестеде) F типі ретінде белгіленген тікбұрышты көлденең қиманың үлгілері 64 мм аралықтағы үш нүктелі схема бойынша тиеу машинасының көмегімен ауытқып кетті. Сынақтар 1,00 E-03 мм/с нүктелік жүктеменің орын ауыстыру жылдамдығын сақтай отырып, орын ауыстыруды бақылаумен жүргізілді. Қолданылған күш пен нүктелік жүктеменің жылжуы (үлгінің ортасындағы ауытқулар ретінде қарастырылады) сынақ барысында үздіксіз тіркелді.

Атап айтқанда, қаптау панелін сынақтар стандартты жағдайларда, 48 сағат суға батырылғаннан кейін және 30 циклынан тұратын мұздату-суыту

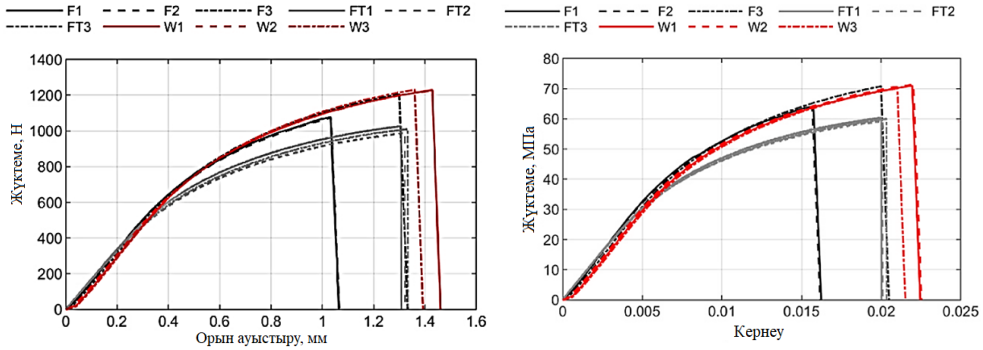
кейін (температура диапазоны – 10°C/+60°C), жабдықтың қызмет ету мерзімі ішінде пайда болатын негізгі жағдайларда материалдың әрекетін зерттеу мақсатында жүргізілді. Нәтижелер 2-кестеде келтірілген, онда номиналды кернеу мен деформация серпімділік болжамына сәйкес анықталған. Бірінші суреттен көрініп тұрғандай, барлық үш жағдайда материал шамамен 35 МПа кернеу мәндеріне дейін дерлік сызықтық динамиканы сақтады, содан кейін стандартты жағдайларда 67,67 МПа иілу кернеулерінің орташа мәндерінде, мұздату-суыту циклдарынан кейін 59,87 МПа және суға батырылғаннан кейін 72,02 МПа жойылды. Иілу сынақтары сонымен қатар үлгінің ортасында бір өткір жарықшақпен әрқашан істен шыққан материалдың сынғыштығын анықтады. Үлгілерді әртүрлі өңдеу бастапқы қаттылық пен пропорционалдылық шегіне әсер етпейтінін атап өткен жөн.

Кесте 2

Стандартты жағдайларда және мұздату-суыту немесе суға батыру циклдарынан кейін иілу сынақтарының нәтижелері

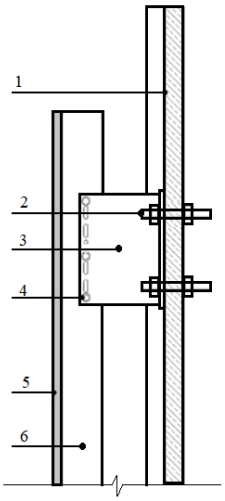
суға батырылғаннан кейін				кейін мұздату-суыту (FTi) циклдарынан кейінгі			стандартты шарттар (Fi) (Wi)		
i	σf [MPa]	εf [-]	E [MPa]	σf [MPa]	εf [-]	E [MPa]	σf [MPa]	εf [-]	E [MPa]
1	65,70	1,6e-2	6851	60,34	1,9e-2	6497	72,07	2,2e-2	6303
2	65,20	1,6e-2	6702	59,37	2,0e-2	6357	72,59	2,2e-2	6333
3	72,12	2,0e-2	6322	60,07	2,0e-2	6368	71,28	2,1e-2	6077
СА	3,85	2,0e-3	271	0,47	2,5e-3	77	0,63	1,0e-3	139
ВК (%)	5,70	13,31	4,11	0,80	1,21	1,23	0,88	2,64	2,24
СЖ	67,67	1,7e-2	6627	59,87	2,0e-2	6409	72,02	2,2e-2	6437
СА – стандартты ауытқу; ВК – вариация коэффициенті, СЖ – стандартты жағдай									

Басқа акрил тастары туралы әдебиеттерде бар ұқсас нәтижелермен салыстыру бұл материалдардың көпшілігі 65-тен 85 МПа-ға дейінгі созылу беріктігімен сипатталатынын байқауға мүмкіндік береді [9], сондықтан алынған нәтижелер ұқсас композиттер үшін алынған нәтижелерге толығымен сәйкес келеді. Керісінше, акрил материалдары серпімділік модулінің үлкен өзгергіштігін көрсете алады, тіпті 2900-ден 9200 МПа-ға дейінгі нәтижелерге қол жеткізе алады [10]. Бұл жағдайда зерттелетін материал осы диапазонның жоғарғы жағында орналасқан, яғни шешім айтарлықтай қаттылықпен, демек, шектеулі қозғалыстармен сипатталуы мүмкін.



Сурет 1. Жүктеме, орын ауыстыру және номиналды кернеу/номиналды деформация графиктері, иілу сынағы (Fi, Fi және Wi)

Жиналған жүйенің құрылымдық сынақтары толық масштабты қаптау жүйесінің құрылымдық сипаттамаларын талдау үшін бірнеше сынақтар жүргізілді (2-суретте көрсетілген). Ол өндіруші ұсынған нақты қолдану схемасын көрсетеді. Сынақтар әрқашан 690 мм × 1200 мм (қалыңдығы 10 мм) бір панельде өткізіледі. Атап айтқанда, жел жүктемесіне төзімділік сынақтары үшін E қосымшасына және F сынақ қосымшасына сәйкес өткізіледі көлденең нүктелік жүктеме үшін (2-сурет) қысқаша айтқанда, бүкіл сынақ кешені кезінде пайдаланылған барлық датчиктер бірге көрсетілген.

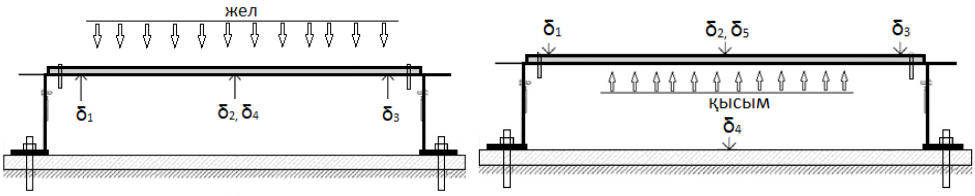


1 – ағаш тірек панелі, 2 – болт, 3 – негізгі кронштейн, 4 – тот баспайтын болат, 5 – қаптау панелі, 6 – т-тәрізді алюминий тірегі

Сурет 2. Толық масштабты жүйе үлгісі

Жел жүктемесіне төзімділік – фольга қапшықтарын пайдалану әдісі жел қысымы мен сору фольга қапшықтарын сынау әдісімен модельденді, стандартталмаған сынақ [11], ол алдыңғы (жел қысымы) немесе артқы жағында орналасқан полипропилен жастықтарындағы ауа қысымын бақылау үшін қысымды бақылау жүйесін қолдануды қамтыды (желмен сору) қаптау элементіне байланысты 3-ші суреттегі орнату схемаларында көрсетілгендей сынақ түрінен біркелкі бөлінген жүктемелер қысым деңгейінің дәйекті жоғарылауымен қолданылды. Оны кем дегенде 10 секунд ұстап тұрды, содан кейін нөлге теңестірді.

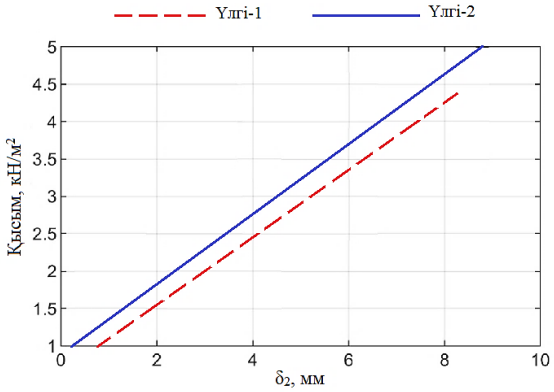
Желдің қысымы, (сурет 3а) полипропилен жастығы қаптаманың сыртқы беті мен реакцияның қарама-қарсы беті арасындағы саңылауға орналастырылды, сондықтан панельдің көлденең және тік орталық осьтеріндегі бірнеше нүктелерде жазықтықтан тысмещысуларды өлшеу үшін панельдің артына төрт түрлі сысу датчигі (δi) орналастырылды (суреттер 2 және 3а). Атап айтқанда, номиналды түрде бірдей қаптаманың екі үлгісі жүктемелердің жоғарылауын (бір уақытта+0,2 кН/м^2) максималды мәнге дейін шамамен 5,0 кН/м^2 дейін қолдану арқылы сыналды.



а) б)

Сурет 3. Жел жүктемесіне төзімділікті, жел қысымын (а) және соруды (б) сынауға арналған орнату сызбасы

Қабылданған эксперименттік қондырғыдағы панельдің артындағы шектеулі алшақтық панельдің ауытқуын өлшеу үшін шектеулі қозғалыс сенсорын таңдауға мәжбүр етті. Осы себепті сенсорлардың максималды инсульт мәндеріне (шамамен 8 мм) қол жеткізілгеннен кейін сынақтар тоқтатылды. Алайда, сынақтар кезінде қол жеткізілген максималды қысым (5 кН/м^2) өте жоғары екенін атап өткен жөн. Әсіресе дизайн нормаларында белгіленген максималды мәнмен салыстырғанда. Сыналған екі үлгінің ешқайсысында максималды жүктеме кезінде қайтымсыз деформациялар немесе жарықтар табылмағанын ескеру маңызды. Шын мәнінде, графиктер ауа қысымын нөлге түсіргеннен кейін қаптау панельдері деформацияны толығымен қалпына келтіргенін көрсетеді. 4-ші суретте тұрақты қысым кезінде кезеңнің соңындағы δ_2 давлениясы су қысымының әрбір деңгейін қарастыру арқылы алынған қысым – δ_2 (орталық сысу) индикативті қисығы көрсетілген.



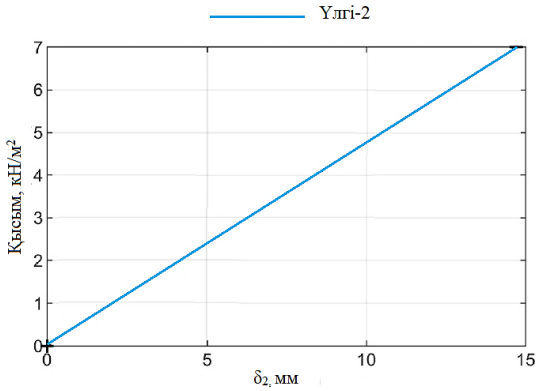
Сурет 4. Қысым, орын ауыстыру және жел қысымын сынау графигі

Нәтижелер қаптау ерітіндісінің дерлік сызықтық серпімді қасиеттерге ие екенін көрсетеді. Сондай-ақ, сыналатын ерітіндінің қаттылығының қайталануын атап өткен жөн: екі үлгіде қаттылық тіркелді (қысым, орын ауыстыру бойынша), сәйкесінше K1 = 450,2 кН/м^3 және K2 = 468 кН/м^3. Желмен сору, (сурет 3в) полипропилен жастығы қаптаманың ішкі беті мен ағаш тірегі арасындағы қуысқа желдің қаптамаға әсерін имитациялау үшін орналастырылды, сонымен қатар панельдің алдында, алдыңғы сынақтағыдай, кез келген сыртқы әсерлерді өлшеу үшін бес δі сенсоры орнатылды (суреттер 2 және 3а).

Осылайша, сынақтар екі кезеңде екі номиналды бірдей үлгілерде жүргізілді. Олардың біріншісінде жүктемелер шамамен 4,4 кН/м^2

максималды мәніне дейін (бір уақытта +0,2 кН/м^2) өсті, ал екіншісі – жүктемелердің жоғарылауын қолдану арқылы (бір уақытта+0,5 кН/м^2) максималды мәнге дейін шамамен 7,0 кН/м^2; екі сынақта да кез келген қайтымсыз деформацияны өлшеу үшін жүктеменің әрбір өсуінен кейін қаптау панелі түсірілді. Алдыңғы сынақтармен салыстырғанда, қабықтың сыртқы бетінде ұзағырақ инсульт сенсорларын пайдалану мүмкін болды, бұл үлкен қозғалыстарға қол жеткізуге мүмкіндік берді.

Бұл жағдайда сынақ кезінде қол жеткізілген максималды қысым желдің жалпы болжамды әсерінен едәуір асып түсетінін (сонымен қатар желді сору үшін бақылау қысымы жел қысымы үшін бұрын анықталған қысымға тең) және сыналған екі үлгінің ешқайсысы сынақ кезінде зақым келтірмегенін атап өткен жөн. Нәтижелер көрсеткендей, қаптау жүйесі ауа қысымын нөлге дейін түсіргеннен кейін деформацияны толығымен қалпына келтірді. Сонымен, бұл жағдайда (тек 2-үлгі үшін) бұрын сипатталған процедураға сәйкес қысымның δ_2 (орталық орын ауыстыру) қисығы анықталды.478,6 кН/м^3, бұл жел қысымы үшін өлшенген көрсеткіштерге өте жақын, сондықтан симметриялы емес орнату схемасына қарамастан, жүйе жел қысымында да, сору кезінде де іс жүзінде симметриялы жұмыс істейді (5-сурет).



Сурет 5. Қысымның, қозғалыстың өзгеруі, желдің сору сынағының графигі

Локализацияланған нүктелік жүктеме кедергісі сынақтары жиналған жүйенің екі номиналды бірдей үлгілерінде жүргізілді. Р нүктелік жүктемесі пневматикалық домкрат арқылы қолданылды және жүктеме сенсорымен өлшенді. Ал домкрат басының (δ_5) және үлгінің (δ_1, δ_2, δ_3 және δ_4) орын ауыстырулары бес сызықтық сенсормен өлшенді. Осылайша, жүктеме бір-бірінен 440 мм қашықтықта орналасқан қосымшаның екі нүктесінде таратылды және панельдің тік орталық осіне орналастырылды (2-сурет) ең қолайсыз жүктеме жағдайларына сәйкес, содан кейін 0,5 кН жүктеме қолданылды және 2,5 кН-ға дейін өсті (әр нүкте үшін).

Графикте көрсетілген жүктеме шынымен жүктеме сенсоры тіркеген барлық жүктемелерге сәйкес келеді (қосымшаның әр нүктесіне қолданылатын жүктемеден екі есе көп). Панельде өлшенген жылжу (δ1,2,3,4) өлшеу диапазонында сызықтық тәуелділікті көрсетеді (бұл құрылғылар сынақ аяқталғанға дейін алынып тасталды, өйткені олар максималды соққыға жетті. Нәтижелер 3,5 кН жүктемеге дейінгі сызықтық серпімді сипаттамалары және үлгіні түсірген кезде 5 кН-ге дейінгі сәл сызықтық емес

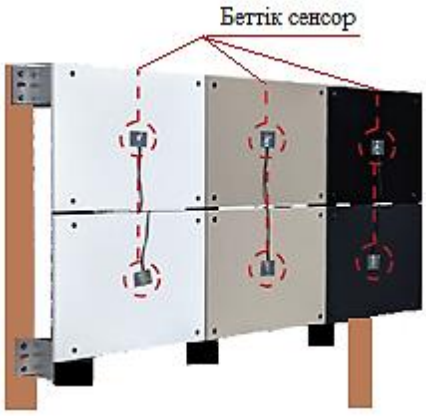
ауытқуды көрсетеді. Жүктемені алып тастағаннан кейін максималды орын ауыстырудың шамамен 10% құрайтын қалдық орын ауыстыру тіркелді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Беріктік пен жылу өнімділігінің сипаттамасы жаңа қаптау панельдерінің беріктігі мен жылу өнімділігі табиғи және жеделдетілген әсер ету кезінде бағаланды. Табиғи қартаю процесі, атап айтқанда, материалдың өнімділігін беткі температура мен түс тұрақтылығы тұрғысынан бақылауға және бағалауға мүмкіндік берді. Үлгілерге және белгілі бір температура мен радиациялық жағдайлардың бүкіл қаптау жүйесіне жедел әсер ету панельдердің сызықтық термиялық кеңеюін және қаптау жүйесінің жылжуын егжей-тегжейлі өлшеуге әкелді.

Табиғи әсер табиғи әсерді бақылау зерттеу 3-кестеде көрсетілгендей, түсі мен әрлеуі әртүрлі қатты беткі акрилді қаптау панельдерінің (өлшемі 300 × 400 мм) алты үлгісінде шамамен 12 ай бойы жүргізілді.

Табиғи экспозицияны бақылаудың түпкі мақсаты қоршаған ортаның өзгеретін жағдайларына (мысалы, қоршаған орта температурасы, күн радиациясы, ауа-райы құбылыстары) байланысты беткі температура мен түс тұрақтылығы тұрғысынан қатты беткі акрил қаптамасының панельдерінің беріктігінің сипаттамаларын анықтау болды.

Беткі температураның ұзақ мерзімді мониторингі қаптау панельдерінің беткі температурасын бақылау оңтүстікке қарайтын және күн сәулесінің әсеріне ұшыраған алты үлгінің алдыңғы беттеріне орнатылған арнайы термопаралар (ажыратымдылығы 0,03℃, дәлдігі 0,2℃, өлшеу диапазоны + 40-тан +100℃-қа дейін) арқылы жүзеге асырылды (6-сурет). Сонымен қатар, панельдердің әрекетін, сондай-ақ материалдың ерекше қасиеттерінің әсерін жақсы түсіну үшін «S1» және «S5» үлгілерінің артқы беттеріне тағы екі беттік температура сенсоры орнатылды. Сонымен қатар, бақылау жүйесі уақыт өте келе әртүрлі параметрлерді тіркейтін деректерді тіркеушіні және термогигрометриялық сенсормен жабдықталған сыртқы метеостанцияны (ажыратымдылығы 0,02℃ және 0,01%, дәлдігі 0,2℃ және 0,01%, өлшеу диапазоны + 40-тан +75℃-қа дейін және 0-100℃) қамтиды және күн радиациясының сенсоры (ажыратымдылығы 1,25 Вт/м^2, дәлдігі 10 Вт/м^2, өлшеу диапазоны 0-128 Вт/м^2).



Сурет 6. Мониторингті орнату, бетінің температурасын ұзақ мерзімді бақылау

Тұтастай алғанда, ұзақ мерзімді мониторинг қоршаған орта жағдайларының өзгеруіне қарамастан, үлгілердің беткі температура

тұрғысынан сипаттамалары жылдың әртүрлі маусымдарында салыстыруға болатынын көрсетті. Атап айтқанда, ақ үлгілерде олардың беткі қабатында тіркелген температура әрқашан айтарлықтай төмен – қара және сұр үлгілермен салыстырғанда 6-дан 17°С-қа дейін. Сонымен қатар, сұр-қоңыр түсті үлгілер әдетте ақ үлгілерге емес, қара үлгілерге бекітілгенге жақынырақ аралық сипаттамалары көрсетеді, ал әр түстің күңгірт және жылтыр үлгілері арасындағы айырмашылық біріншісінің пайдасына біршама көбірек болады (1°С, бұл, мысалы, айырмашылыққа қатысты екі ақ үлгіде бекітілген ең жоғары температура арасындағы айырмашылық қара үшін 2-3°С және сұр үшін 4°С). Дәл осындай сипаттамалары ақ және қара үлгілердің артқы бетінің температурасы – бақылау объектілері арқылы бағалауға болады. Олардың біріншісінің температуралық шыңдары, шын мәнінде, соңғысында ұзақ уақыт бойы тіркелгендерге қарағанда шамамен 12°С төмен.

Алайда, алдыңғы және артқы беттердің тіркелген температурасы арасындағы айырмашылық тек 1-ден 2°С-қа дейін, ішінара шекаралық жағдайларға байланысты. Жоғарыда келтірілген барлық нәтижелер, сонымен қатар, жылдың әртүрлі кезеңдерінде және тәуліктің әртүрлі уақыттарында өткізілетін термиялық инфрақызыл камерамен (ажыратымдылығы 0,035°С, өлшеу диапазоны -40-тан +2000°С-қа дейін) мерзімді бақылаулар арқылы бағаланды және расталды.

Түс тұрақтылығы тікелей күн радиациясы мен ауа-райының үлгілеріне әсер ету сонымен қатар орта және ұзақ мерзімді перспективада түс пен немесе жарықтың мүмкін болатын өзгерістерін бағалауға мүмкіндік берді. Осылайша, аспаппен өлшенетін әртүрлі түстер үш түрлі мәндер мен осьтерге негізделген осы үш өлшемді түс кеңістігіне сәйкес көрсетіледі: жарықтықты қабылдау үшін «L» (0-де қара және 100-де ақ түс анықтамасы), жасыл-қызыл қарама-қарсы түстерге қатысты «a» (-127-ден 127-ге дейін, жасыл үшін теріс мәндер және қызыл үшін оң мәндер) және көк-сары қарсыластарды білдіретін «b» (-127-ден 127-ге дейін, көк үшін теріс мәндер және сары үшін оң мәндер). Бұл тұрғыда колориметрмен өлшенген әрбір түсті үш ерекше координатадан анықтауға болады, бұл «ΔE» параметрімен ұсынылған үш өлшемді түс кеңістігіндегі қашықтыққа сәйкес әртүрлі түстерді салыстыруға мүмкіндік береді [12].

Кесте 3

Табиғи әсер ету және бақылау объектілері болып табылатын үлгілер

Үлгі	Түсі	Соңы
S1	RAL 9003 – ақ	Жылтыр
S2	RAL 9003 – ақ	Күңгірт
S3	RAL 1019 – сұр	Жылтыр
S4	RAL 1019 – сұр	Күңгірт
S5	RAL 9005 – қара	Жылтыр
S6	RAL 9005 – қара	Күңгірт

Алынған мәнге сүйене отырып, үлгілер арасындағы түс айырмашылығын бағалауға болады, содан кейін оны объектіге және оның нақты қолданылуына байланысты қолайлы немесе жоқ деп түсіндіруге болады. Дегенмен, жоғарыда аталған факторларға сәйкес осы бағалаудың субъективтілігі мен салыстырмалылығына байланысты негізгі шектеуді ескере отырып, ΔE мәндерін түсіндіру үшін бірыңғай немесе стандартталған шкала жоқ. Эмпирикалық шкалалар [8] ΔE мәндері 1-ден аз түс

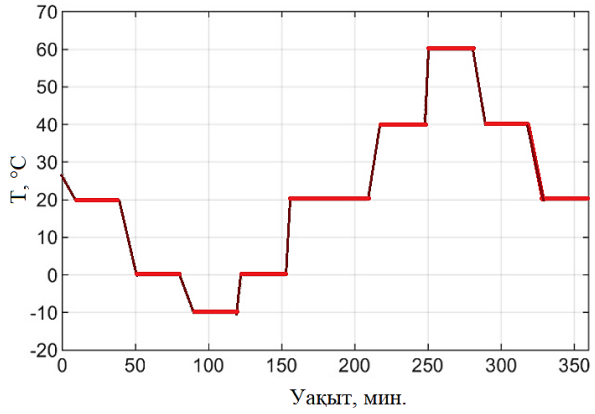
айырмашылықтары екенін көрсетеді, олар тек 1-3 диапазонында байқалады және 5-тен жоғары мәндерде байқалады. «1» және «2» индекстерімен белгіленген екі үлгі арасындағы ΔE түсінің айырмашылығын келесідей есептеуге болады: $\Delta E = \sqrt{[(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]}$.

Зерттелетін қаптау панельдерінің беріктігін бағалау үшін, атап айтқанда, олардың түс тұрақтылығын ескере отырып, әртүрлі үлгілердегі ықтимал түс өзгерістерін бақылау үшін әртүрлі мерзімді өлшеулер жүргізілді. Түстің алғашқы үлгісі тікелей күн радиациясының компоненттеріне және жалпы ауа-райы құбылыстарына әсер етпес бұрын жасалды.

Жеделдетілген әсер материал өлшемдерінің тұрақтылығын зерттеу үшін екі түрлі сынақ жүргізілді, біріншісі материал үлгілеріндегі климаттық камерада және екіншісі – материалдың сызықтық термиялық кеңею коэффициентін анықтауға және толық масштабты қаптау жүйесінің қозғалысы мен температурасын өлшеуге арналған қаптау жүйесінің сәулелену панельдерімен жүргізілді.

Сызықтық термиялық кеңейту сынақтар механикалық бекітпесі бар сыртқы қабырға қаптамасының қолданыстағы ережелеріне сәйкес жүргізілді [10] және материалдың α_{Ti} сызықтық жылу кеңею коэффициентін анықтауға бағытталған.Үлгілер климаттық сынақ камерасына орналастырылды және олардың осьтік ұзаруы үш сызықтық датчикпен өлшенді (δ^r_1, δ^r_2 және δ^r_3). Сонымен қатар сынақ қондырғысының жылу деформациясын өлшеу үшін қосымша қозғалыс датчигі (δ_{ref}) пирекс таяқшасы (сұр түспен ұсынылған), ол шамалы термиялық деформациямен сипатталады.

Температура -10°C-тан +60°C-қа дейін өзгерді және әр температура деңгейінде ол 7-ші суретте көрсетілгендей 30 минут бойы тұрақты болды. беттің ұзаруын (оң) және қысылуын (теріс) көрсетеді. Әрбір температураның сдысуына сәйкес келетін үлгілер. Өзгеруі алдымен α_{Ti} деформацияларын, содан кейін сызықтық жылу кеңею коэффициенттерін есептеуге мүмкіндік берді α_{Ti},; жылу кеңею коэффициенттерінің орташа мәні 3,53 e-05 [1/°C].



Сурет 7. Температура деңгейіне сәйкес келетін үлгінің қозғалысы

Қаптау материалының температурасын біртіндеп көтеру және жылу жүктемесін болдырмау үшін жылу көзінен 1 м қашықтықта орналасқан екі номиналды бірдей үлгі сыналды. Тестілеу үшін пайдаланылған екі сәулелену панелінің әрқайсысы (өлшемі 2600x220x105 мм) 1500 Вт қуатымен сипатталатын 3 қысқа толқынды шамынан тұрды. Бүкіл сынақ барысында панельдің қозғалысы төрт сызықтық датчикпен өлшенді (δ_1, δ_2, δ_3 және δ_4)

және беттер, қоршаған орта температурасы мен салыстырмалы ылғалдылық сәйкесінше екі термопара мен термогигрометр сенсорының көмегімен жазылады. Температура мен температураның төмендеуіне мүмкіндік беру үшін сынақ шамамен 6 сағатқа созылды. Температура шамамен 15°С-тан 60°С-қа дейін көтерілді, ал беткі температура арасындағы айырмашылық шамамен 15°С деңгейінде тұрақталды. Қаптаманың жылжуы мен температураның жоғарылауы арасында тікелей байланыс бар.

Қорытынды. Осы жұмыста келтірілген нақты мәліметтер негізінде жаңа материалдың – зерттеу объектісінің жылу, механикалық сипаттамалары мен беріктігіне қатысты бірнеше тұжырымдар жасалды. Материалдың механикалық қасиеттеріне келетін болсақ, суға батыру және мұздату-суыту циклдары сияқты қатал экологиялық жағдайлар иілуге айтарлықтай әсер етпейді. Өйткені тек осы соңғы кондиционерден кейін (30 цикл, -10°С/+60°С) 10% төмендеуге қол жеткізіледі ол иілу беріктігін байқады, ал материалдың қаттылығы өзгеріссіз қалды. Сонымен қатар, желдің әсеріне немесе локализацияланған нүктелік жүктемеге жүйенің жалпы реакциясына келетін болсақ, ол кем дегенде 4,3 кН/м^2 қысым кезінде сызықтық серпімділікке ие екендігі анықталды. Бұл желдің максималды анықтамалық қысымынан шамамен жеті есе көп. Сонымен қатар, қаттылықтың ұқсас мәндері желдің қысымында да, сору кезінде де жүйенің симметриялы әрекетін көрсетеді. Қорытындылай келе, жоғары температураның әсеріне келетін болсақ, материал панельдің бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде әдеттегі температура диапазонында (-10°С-тан +60°С-қа дейін) сызықтық жылу кеңеюінің тұрақты коэффициентін көрсетеді. Ақырында, жоғарыда айтылғандарға сәйкес, жеделдетілген инфрақызыл сәулелену сынағы температураның айтарлықтай өзгеруімен де жиналған жүйе тек қайтымды деформацияларға ұшырайтынын тағы бір рет көрсетті. Жаңа қаптау панельдері беріктік пен түс тұрақтылығы тұрғысынан да оң нәтиже береді.

Соңғысы үшін, атап айтқанда, түс кеңістігіндегі ΔE түс айырмашылығының параметрі бойынша ұзақ мерзімді перспективада мезгіл – мезгіл бағаланатын, зерттеу нысаны үлгілері қоршаған ортаның өзгеретін жағдайларына (мысалы, қоршаған орта температурасы, күн радиациясы, ауа райы құбылыстары) әсер еткеннен кейін түстердің минималды өзгеруін көрсетті. Жай көзбен олар айналасындағыларға көрінбейді. Дегенмен, осы зерттеудің кіріспесінде бұрын айтылғандай, ғимараттың қоршау құрылымдарының жалпы сипаттамалары қоршау құрылымдарының материалдары және орнату процедурасы сияқты әртүрлі компоненттердің өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылады. Сондықтан жеке компоненттерді (яғни материалдарды) ғана емес, сонымен қатар жұмыс күйінде монтаждау кезінде зерттелетін шешім туралы көбірек білу өте маңызды. Осы мақсатта нақты әлемдегі сынақтар өте маңызды, өйткені олар өндірушілер мен дизайнерлерге пайдалы ақпарат береді. Әсіресе монтаждау процедуралары мен шекаралық жағдайлар көбінесе қоршау құрылымының сипаттамаларына қатты әсер етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Смирнов, В.А. Материаловедение. Отделочные работы [Текст]: учебник / В.А. Смирнов, В.А. Ефимов, О.В. Кулков [и др.]. – 2-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 368 с.

2. Завражин, Х.Х. Производство отделочных работ в строительстве. Зарубежный опыт [Текст] / Х.Х. Завражин, Г.В. Северинова, Ю.Е. Громов. – М.: Стройиздат, 1987. – 31 с.
3. Бадин, Т.М. Справочник технолога-строителя [Текст]. – 2-е изд. – СПб., 2010. – 528 с.
4. Cladding Systems Market by Material, Use, application and region - global forecast to 2026 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cladding-system-market-148899031.html#:~:text=%5B162 %20Pages%20Report %5D%20The%20cladding, construction%20industry%20across%20the%20globe. Date of access: 13 May 2022.
5. European Parliament and Council, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX: 32018L0844&from=IT, 2018. Date of access: 13 May 2022.
6. European Parliament and Council, COM (2021) 802 final. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/=CELEX: 52021PC0802 &from=EN, 2021. Date of access:13 May 2022.
7. European Parliament and Council, Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/ uri=CELEX:32011R0305&from=IT, 2011. Date of access:13 May 2022.
8. UNI 11018:2003, Cladding and anchoring systems for back ventilated external enclosures of buildings - Instructions for the design, installation and maintenance - Ceramic and stone cladding. – Published 01-01-2003. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), 2003.
9. Andriievska L., Marchuk N. Investigation of the acrylic artificial stone properties //Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions. – 2017. – P. 21-23.
10. Wronka A., Kowaluk G. Selected bending properties of mineral-acrylic solid surface material for furniture construction purposes //Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology. – 2020. – T. 110.
11. EN ISO 178:2019, Plastics – Determination of flexural properties. – Published 2019-04. BSI Standards Limited, 2019. – 25 p.
12. EAD 090062-00-0404 (2018), Kits for external wall claddings mechanically fixed. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.eota.eu/download?file=/2016/16-09-0062/ead%20for%0ojeu/ead%20090062-00-0404_ojeu2018.pdf.

Материал редакцияға 12.10.24 түсті.

А.К. Жусипбеков[1], Д.Ж. Артыкбаев[1], У.Б. Абдикерова[2], К.С. Досалиев[1], И.Г. Икрамов[3]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г.Шымкент, Казахстан
[2]Кызылординский университет им. Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан
[3]Региональный инновационный университет, г.Шымкент, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОЧНОСТИ НОВЫХ ПАНЕЛЕЙ АКРИЛОВОГО ПОКРЫТИЯ С ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. Согласно международным усилиям по дальнейшему сокращению энергопотребления и глобальных выбросов в строительном секторе, системы облицовки могут сыграть решающую роль благодаря фундаментальному вкладу зданий в общую энергоэффективность. В данной статье рассматривается применение междисциплинарного подхода к определению характеристик новых облицовочных панелей из инновационного материала с твердой поверхностью на акриловой основе. Их производительность оценивалась с помощью различных механических, термических и прочностных испытаний, которые показали многообещающие результаты с точки зрения упругости и устойчивости к суровым условиям окружающей среды, сильным ветровым нагрузкам или значительным перепадам температуры.

Ключевые слова: облицовочные панели, искусственный акриловый камень, механические характеристики, инновационный материал.

A.K. Zhusipbekov[1], D.Zh. Artykbaev[1], U.B. Abdikerova[2], K.S. Dosaliev[1], I.G. Ikramov[3]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan
[3]Regional innovation university, Shymkent, Kazakhstan

DETERMINATION OF THE MECHANICAL, THERMAL CHARACTERISTICS AND STRENGTH OF NEW ACRYLIC COATING PANELS WITH A HARD SURFACE

Abstract. According to international efforts to further reduce energy consumption and global emissions in the construction sector, cladding systems can play a crucial role due to the fundamental contribution of buildings to overall energy efficiency. This article discusses the application of an interdisciplinary approach to determining the characteristics of new cladding panels made of innovative acrylic-based hard surface material. Their performance was evaluated using various mechanical, thermal and strength tests, which showed promising results in terms of elasticity and resistance to harsh environmental conditions, strong wind loads or significant temperature changes.

Keywords: facing panels, artificial acrylic stone, mechanical characteristics, innovative material.

References

1. Smirnov V.A., Efimov B.A., Kulkov O.V. et al. Materıalovedenıe. Otdelochnye raboty: ýchebnık. - 2-e ızd. [Materials science. Finishing works: textbook. – 2nd ed.]. – Moscow: Publishing center “Academy”, 2012. – 368 p. [in Russian].
2. Zavrazhin H.H., Severinova G.V., Gromov Yu.E. Proızvodstvo otdelochnyh rabot v stroıtelstve. Zarýbejnyı opyt [Production of finishing works in construction. Foreign experience]. – Moscow: Stroyizdat, 1987. – 31G p. [in Russian].
3. Badin T.M. Spravochnık tehnologa-stroıtelıa. - 2-e ızd. [Handbook of the construction technologist. - 2nd ed.]. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2010. – 528 p. [in Russian].

4. Cladding Systems Market by Material, Use, application and region - global forecast to 2026 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cladding-system-market-148899031.html#:~:text=%5B162 %20Pages%20Report %5D%20The%20cladding, construction%20industry%20across%20the%20globe. Date of access: 13 May 2022.
5. European Parliament and Council, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX: 32018L0844&from=IT, 2018. Date of access: 13 May 2022.
6. European Parliament and Council, COM (2021) 802 final. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/=CELEX: 52021PC0802 &from=EN, 2021. Date of access:13 May 2022.
7. European Parliament and Council, Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC [Electronic resource]. – Access mode: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/ uri=CELEX:32011R0305&from=IT, 2011. Date of access:13 May 2022.
8. UNI 11018:2003, Cladding and anchoring systems for back ventilated external enclosures of buildings - Instructions for the design, installation and maintenance - Ceramic and stone cladding. – Published 01-01-2003. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), 2003.
9. Andriievska L., Marchuk N. Investigation of the acrylic artificial stone properties //Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions. – 2017. – P. 21-23.
10. Wronka A., Kowaluk G. Selected bending properties of mineral-acrylic solid surface material for furniture construction purposes //Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology. – 2020. – T. 110.
11. EN ISO 178:2019, Plastics – Determination of flexural properties. – Published 2019-04. BSI Standards Limited, 2019. – 25 p.
12. EAD 090062-00-0404 (2018), Kits for external wall claddings mechanically fixed. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.eota.eu/download?file=/2016/16-09-0062/ead%20for%0ojeu/ead%20090062-00-0404_ojeu2018.pdf.

ҒТАМР 67.09.39

Т. Бижигитов[1] – *негізгі автор*, ©
Э. Мадалиева[2]

[1]*Физ.-мат. ғылым. канд., профессор,* [2]*PhD, қауымдас. профессор*
[1]*https://orcid.org/0000-0002-5276-8033* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4053-8801*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*bizhigitov_temirhan@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/UVXH4625

ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ФИЗИКО-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада құрылыстарда кеңінен қолданылатын маркасы 09Г2С болаттың физико-механикалық қасиеттері тәжірибе жүзінде зерттелген. Зерттеу жұмыстарын жүргізетін қондырғының құрылысы сипатталып, зерттелетін үлгінің температурасын және онда таралатын серпімді қума және көлденең толқындардың жылмдамдықтарын анықтау әдістері баяндалған. Ультрадыбыстың қума және көлденең толқындарының жылдамдықтары (220-380)К температура аралығында әрбір 10К температура сайын сатылы түрде өлшеніп отырылды. Толқынды шығаратын көз және оны қабылдайтын қабылдағыш ретінде резонанстық жиілігі 10 МГц кварцтан жасалған пьезоэлементт қолданылды. Үлгінің температурасын өлшеу мыс-константан терможұбы арқылы ±1°С дәлелділікпен іске асырылды. Цилиндр пішінді үлгіні суыту мақсатында құрғақ мұздың буы мен вольфрамнан жасалған қыздырғыш пайдаланылды. Тәжірибе жүзінде өлшеніп алынған параметрлер бойынша құрылыс механикасындағы белгілі формулалар қолданылып, серпімділік модульдерінің атмосфералық қысымда температураға тәуелділіктерінің графиктері тұрғызылып, алынған нәтижелер теориялық тұрғыдан талқыланды.

Тірек сөздер: көлденең және қума толқындар, толқын жылдамдықтары, мыс-константан терможұбы.

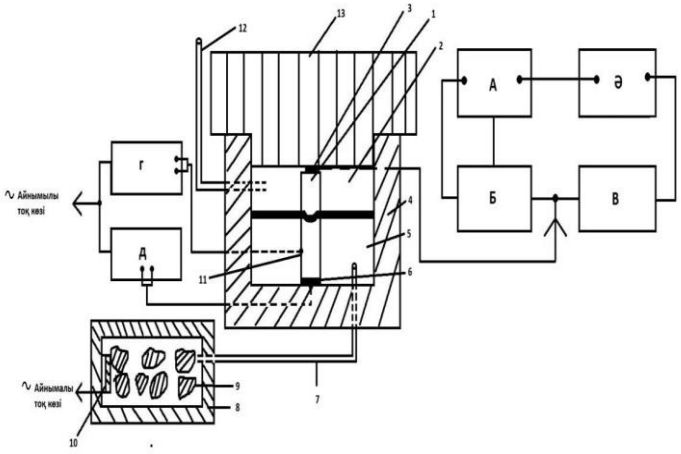
Бижигитов, Т. Құрылыс материалдарының физико-механикалық қасиеттерінің температураға тәуелділіктерін зерттеу [Мәтін] / Т. Бижигитов, Э. Мадалиева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.212-219. https://doi.org/10.55956/UVXH4625

Кіріспе. Қазіргі кезде заманауи құрылыстар беріктілігі өте жоғары, температураға төзімді металл құрастырылымдарынан соғылады. Өйткені болаттан жасалған құрастырылымдар басқалардан өзінің жеңілдігімен, оңай дәнекерленетіндігімен, жылдам құрастырылатындығымен ерекшеленеді. Болат құрастырылымдар конструктивті пішіндеріне және функционалдық мақсатына байланысты өндірістік**,** биік көп қабатты емес ғимараттарды, көпірлер мен зәулім мұнараларды соғуға қолданылады. Біз (220-380)К температура аралығында қалыпты қысымда 09Г2С маркалы болаттың серпімділік қасиеттерін олардағы серпімді толқындардың таралу

жылдамдықтарын өлшеу арқылы Юнг және ығысу модульдерінің температураға тәуелділігін механикадан белгілі формулаларды қолданып, есептеп таптық. Көптеген жағдайларда серпімділік модулі кернеуліктің сығылу деформациясына қатынасымен есептеледі. Біз Юнг және ығысу модульдерінің қалыпты қысымда температураға тәуелділігін онда тарайтын серпімді толқындардың жылдамдықтарының шамаларын өлшеп, болаттың тығыздығының температураға тәуелді мәндерін пайдаланып анықтадық. Сонымен қатар серпімділік модулін анықтаудың иілудің тербелісін қолданып есептеу әдісін көрсеттік.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ультрадыбыс толқындарының жылдамдықтарының температураға тәуелділігін зерттейтін импульстік қондырғының құрылымы 1-суретте көрсетілген.

А және *Ә* – өлшеуіш құралдар; *Б* – ультрадыбыс генераторы; *В* – күшейткіш; *1* – зерттелетін үлгі; *2* – құрғақ мұздың буы өтетін кеңістік; *3* – пьезоэлемент; *4* – текстолит**;** *5* – темір парақшасынан жасалған ыдыс; *6* – қыздырғыш; *7* – құрғақ мұз буын беретін құбыршақ; *8* – текстолит; *9* – құрғақ мұздар; *10* – қыздырғыш; *11* – мыс-константан терможұбы; *12* – құрғақ мұздың буы шығатын құбыршақ; *13* – пенопласттан жасалған қақпақ: ~ – айнымалы тоқ көздері; *Г* – температура реттегіш; *Д* – кернеу көзі.



Сурет 1. Серпімді толқындардың жылдамдықтарының температураға тәуелділігін зерттейтін қондырғының құрылымы

Ультрадыбысты импульсті қондырғының негізгі элементтері электр тербелістерінің генераторы, пьезоэлектрлік түрлендіргіш, күшейткіш, өлшеуіш құралдар (қабылдағыш және осциллограф**)** болып табылады.

Генератор уақыт бойынша қысқа жоғары жиіліктегі электр импульстерін кварцтан жасалған пьезоэлементке жібереді. Кварц пьезоэлементі тербеліске ұшырап ультрадыбыстық толқынды зерттелетін ұзындығы 50 мм, диаметрі 10 мм цилиндр пішінді үлгіде таратады. Үлгінің табанынан шағылған серпімді толқын қабылдағышта қайтадан электр импульсіне түрленіп күшейткішке беріледі. Осциллографтың экранында үлгіге берілген және оның табанынан шағып кешігіп келген импульстерді көреміз. Оларды бір-бірімен беттестіріп кешігіп келу уақытын анықтаймыз. Яғни серпімді толқынның жүріп өткен жолына кеткен уақытты табамыз. Демек қума толқынның жылдамдығы үлгінің екі еселенген ұзындығын жүріп өткен жолға кеткен уақытқа бөлгенге тең.

Зерттелетін 09Г2С болаттың температурасын (220-380)К аралығында өзгертіп, әрбір 20К сайын бақылау үшін құрғақ мұздың буы, вольфрамнан жасалған қыздырғыштар мен температура реттегіш және мыс-константан терможұбы пайдаланылды. Қыздырғыш, терможұп, температура реттегіш бір-бірімен байланысқан. Егер үлгінің температурасын бізге қажетті температурадан арта бастаса температура реттегіш қыздырғышты тоқ көзінен айырады, ал кемісе қосады. Үлгінің ұзындығын, тығыздығының температураға тәуелділігін белгілі деп алып, төменде келтірілген формулаларды қолданып қума және көлденең серпімді толқындардың жылдамдықтарының Юнг және ығысу модульдерінің атмосфералық қысымда температураға тәуелділігін есептедік [1-3]:

$$\upsilon_{\text{қума}} = \frac{2l}{t} = \sqrt{\frac{E}{\rho}};\ E = \rho\upsilon_{\text{қума}}^2$$

$$\upsilon_{\text{көлд}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}},\ \ G = \rho\upsilon_{\text{көлд}}^2$$

$$\frac{\upsilon_{\text{қума}}}{\upsilon_{\text{көлд}}} = \sqrt{2},\ \ \upsilon_{\text{қума}} = \sqrt{2}\,\upsilon_{\text{көлд}}$$

Біз қолданған пьезоэлемент резонанстың жиілігі 10 МГц ультрадыбыс [4,5] толқынын тудырады. Ал көлденең толқынның жылдамдығын жоғарыда келтірілген формуламен есептедік.

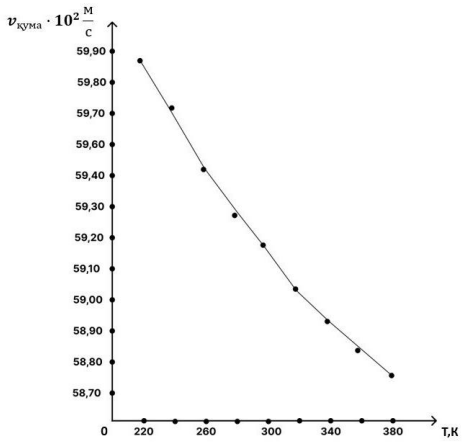
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 1-кестеде зерттеліп отырған 09Г2С болатындағы ультрадыбыстың, Юнг және ығысу модульдерінің қалыпты қысымда температураға тәуелділігі келтірілген.

Кесте 1

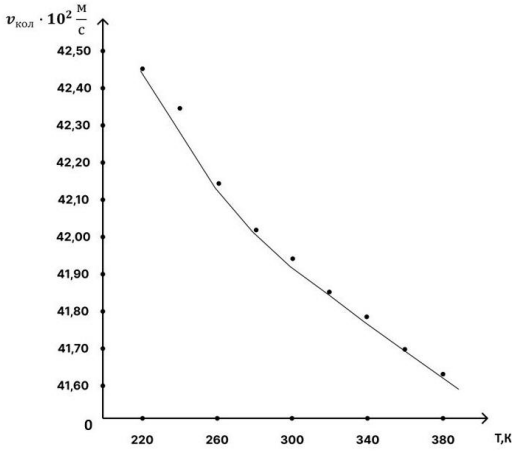
ρ= ρ(T); $\upsilon_{\text{қума}}$= $\upsilon_{\text{қума}}$ (T), $\upsilon_{\text{көлд}} = \upsilon_{\text{ком}}$(T), E= E(T), G= G(T) тәуелділіктері

T, к	$\rho\times10^2\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\upsilon_{\text{қума}}\cdot10^2\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$\upsilon_{\text{көлд}}\cdot10^2\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$\text{E}\times10^9\,\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	$\text{G}\times10^9\,\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$
220	78,65	59,85	42,44	281,72	140,86
240	78,75	59,70	42,34	280,67	140,33
260	78,83	59,40	42,12	278,14	139,07
280	78,92	59,25	42,02	277,05	138,52
300	78,80	59,15	41,95	275,69	137,84
320	78,72	59,00	41,84	274,02	137,01
340	78,67	58,90	41,77	272,92	136,46
360	78,55	58,79	41,69	271,48	135,74
380	78,43	58,72	41,64	270,42	135,21

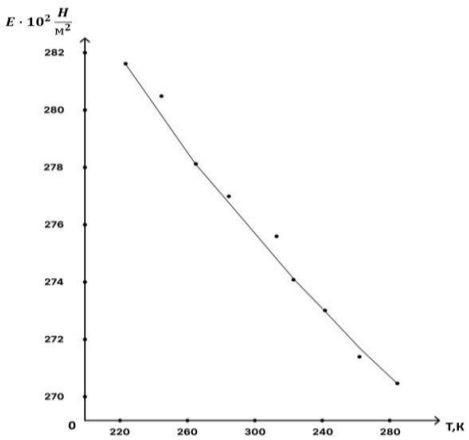
1-4 суреттерде зерттелетін үлгіде (09Г2С) тарайтын қума және көлденең толқындардың, Юнг және ығысу модульдерінің атмосфералық қысымда температураға тәуелділік графиктері тұрғызылған. Үлгіде көлденең толқынды тарататын кварцтан жасалған пьезоэлементті таба алмағандықтан, көлденең толқын мен ығысу модулінің шамаларын формулаларды пайдаланып есептедік. Цилиндр пішінді үлгінің диаметр 0 бойынша жылулық ұлғаюын ескермедік. Сондықтан Пуассон [6,7] коэффициентін ($\mu = 0$) нөлге тең деп алдық.



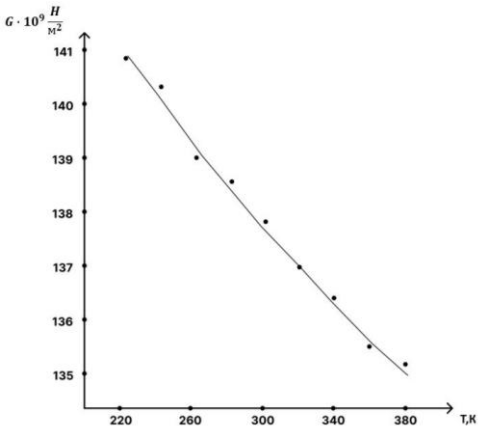
Сурет 1. Үлгіде тарайтын құма толқынның $\vartheta_{кума}$= $\vartheta_{кума}$(Т) тәуелділік графигі



Сурет 2. Үлгіде тарайтын көлденең толқынның $\vartheta_{көлд}$= $\vartheta_{көлд}$(Т) тәуелділік графигі



Сурет 3. Юнг модулінің температураға E= E(т) тәуелділік графигі



Сурет 4. Ығысу модулінің температураға G= G(т) тәуелділік графигі

1-кестеден және 1-4 суреттердегі графиктерден зерттеліп отырған үлгіде тарайтын қума және көлденең толқын жылдамдықтары мен серпімділік модульдерінің температура артқанда кемитіндігін көреміз.

Қатты денелердің серпімділік модульдері оларда тарайтын қума және көлденең толқындардың жылдамдықтары мен тығыздықтары арқылы сипатталады. Қатты денелердің атмосфералық қысымда температурасы жоғарыласа, онда тарайтын серпімді толқындардың жылдамдықтары кемиді. Өйткені күшті байланыспаған молекулалар қозғалысының салдарынан бір-бірінен алшақтап, әсерлесу күштері әлсірейді. Яғни молекулалардың ілгерілмелі қозғалыста берілетін энергиясы азаяды. Сондықтан біз қарастырып отырған маркасы 09Г2С болаттағы серпімді толқындардың жылдамдықтары температура ұлғайғанда төмендейді. Болаттың серпімділік модульдері жинастырылған құрылымының қандай күшке шыдайтынын бағалауға мүмкіндік береді. Иілу тербелісін қолданып зерттелетін дененің, серпімділік модулін анықтайтын әдісті талқылайық. Екі ұшы жіпке ілінген горизонталь орналасқан пішіні тік төртбұрышты призманың жақтау беттеріне

бір-біріне қарама-қарсы орналасқан біріншісі толқын көзінің, ал екіншісі қабылдағыштың рөлін атқаратын пьезоэлементтерді жабыстырамыз. Пьезоэлементтен шыққан серпімді толқын өзекшеде иілу тербелісін туғызады. Генератор арқылы толқын көзінің жиілігін өзгертіп, резонанстық жиілігін табамыз. Өзекшелер үшін иілу тербелісі төртінші ретті дербес туындылы келесі теңдеумен сипатталады:

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = -\frac{1}{b^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (1)$$

мұндағы: $b^2=\frac{JE}{\rho S}$; ρ – өзекшенің тығыздығы; J – өзекшенің инерция моменті; S – өзекшенің көлденең қумасының ауданы; E – серпімділік модулі.

Еркін өзекше үшін иілдіру моменті мен тангенциалды күштер $x=0$ және $x=l$ болғанда нөлге теңесуі қажет. Теңдеудің шешімін мынадай түрде іздейміз:

$$y= Y(x)\bullet T(t)$$

Есепті айнымалыларды бөлу әдісімен шешсек, мына қатынасын аламыз:

$$\frac{T''}{b^2 T(t)} = \frac{Y_{(x)}''''}{Y_{(x)}} = -\lambda \quad (2)$$

x және t мен салыстырғанда мына теңдеу шығады:

$$T''= b^2\ \lambda\ T \quad (3)$$

теңдеуін төмендегі тригонометриялық функция қанағаттандырады:

$$T_n=b_n \cosh\sqrt{\lambda_n}\cdot t + C_n \sinh\sqrt{\lambda_n}\cdot t \quad (4)$$

Тербеліс жиілігі төмендегі қатынасымен өрнектеледі:

$$\nu_n = \frac{b\sqrt{\lambda_n}}{2\pi} = \frac{\sqrt{\lambda_n}}{2\pi}\cdot\sqrt{\frac{JE}{\rho S}} \quad (5)$$

λ_n шамасы мына теңдеудің шешімімен анықталады:

$$Y'' - \lambda Y= 0 \quad (6)$$

Берілген шекті шарттарда төмендегі теңдеудің түбірлері болады:

$$\cosh\sqrt{\lambda}l\cdot\cos\sqrt[4]{\lambda}l = 1 \quad (7)$$

Бұдан $\mu_1 = \sqrt[4]{\lambda_1}$= 4,73; $\mu_2= \sqrt[4]{\lambda_2}$ = 7,85; $\mu_3= \sqrt{\lambda_3} = 11{,}00$.

Демек иілу тербелісінің меншікті жиілігі мына формуламен есептеледі:

$$\nu_n = \frac{\mu_n^2}{2\pi l^2}\sqrt{\frac{JE}{\rho S}} \quad (8)$$

Цилиндр пішінді өзекше үшін:

J= $\frac{\pi d^4}{64}$, $S = \frac{\pi d^2}{4}$, (Призма үшін J=$\frac{bh^3}{12}$)

Бұдан:

$$\nu_n = \frac{1}{4}\frac{d}{l^2}\frac{\mu^2 \cdot n}{2\pi}\sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (9)$$

Немесе:

$$E = 1{,}26 \cdot \rho \frac{l^4}{d^2} \cdot \nu^2 \quad (10)$$

Цилиндр пішінді өзекшенің меншікті тербеліс жиілігін өлшеу арқылы серпімділік модулін есептей аламыз:

$$E = 1{,}63 \cdot 10^{-8}\left(\frac{l}{d}\right)^4 \frac{g}{l}\nu^2 \quad (11)$$

Егер ұзындығы 150 мм, диаметрі 5 мм өзекшенің иілу тербелісін өлшесек, Юнг модулін (11) формуламен есептейміз. Ұсынылып отырған әдіс өте ыңғайлы және өлшеу дәлелдігі басқалармен салыстырғанда жоғары.

Қорытынды. Жұмыс бойынша негізгі қорытындылар:

1.Құрылыс материалдарында тарайтын қума және көлденең толқындардың жылдамдықтарының температураға тәуелділігін анықтайтын қондырғы жинастырылды;

2.Зерттелген үлгіде тарайтын қума және көлденең толқындардың жылдамдықтары мен серпімділік модульдерінің температураға тәуелділігі алғаш рет анықталды;

3.Иілу тербелістерін қолданып қатты құрылыс материалдарының серпімділік модульдерін тәжірибе жүзінде анықтаудың әдісі ұсынылды;

4.Тәжірибе жүзінде өлшеніп және теориялық тұрғыдан есептеулер арқылы алынған нәтижелерге түсініктемелер берілді;

5.Иілу тербелістерін қолданып болат өзекшелердің серпімділік қасиеттерін анықтайтын әдіс талқыланып көрсетілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Киттел, Ч. Курс физики. Механика [Текст]: том 1 / Ч. Киттел, У. Найт, М. Рудерман. – М: Наука, 1971. – 480 с.
2. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы 1 том, Механика. Молекулалық физика [Мәтін]: оқулық. – Алматы: «Лантар books», 2024. – 498 б.
3. Виноградов, М.Б. Теория волн [Текст]: учебное пособие. – М: Наука, 1990. – 432 с.
4. Мишина, О.О. Ультразвук и его применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www Scienceforum, ru/2015/882/9754
5. Красильников, В.А. Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах [Текст]: учебное пособие. – М.: Физматгиз, 1960. – 560 с.

6. Bizhigitov T., Yelibayeva A. The dependence of the compression modules of ice-six and the coefficient of volume expansion on pressure and temperature //Вестник КАЗНПУ им Абая, серия «Физико-математические Науки». – 2020. – №2(70).
7. Bizhigitov T., Zhumadilov E.. Study dependence of Young's, shear modulus ultrasonic waves propagation of the vi ice modification, to the pressure at a constant temperature //Bulletin of N. Gumilyov Eurasian National University Physics, Astronomy series. – 2020. – №4(133).
8. Bizigitov T., Zhumadilov E.. Methods of mathematical physics. Universitybook. – Almaty: "Lantar Books", 2023. – 370 p.

Материал редакцияға 11.11.24 түсті.

Т. Бижигитов[1], Э. Мадалиева[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье экспериментально изучены физико-механические свойства стали марки 09Г2С, широко применяемой в строительстве. Описана конструкция установки для проведения исследовательских работ, изложены методы определения температуры исследуемого образца и теплоемкости распространяющихся в нем упругих погонных и поперечных волн. Мы измеряли скорости погонных и поперечных волн ультразвука в интервале температур (220-380)К через каждые 10К температуры ступенчато. В качестве источника, излучающего волну, и приемника, принимающего ее, мы использовали пьезоэлемент из кварца с резонансной частотой 10 МГц. Измерение температуры образца осуществлялось с доказательством ±1°С с помощью медно-константановой термосумки. Мы использовали нагреватель из пара сухого льда и вольфрама, чтобы охладить образец цилиндрической формы. По экспериментально измеренным параметрам с помощью известных формул в строительной механике построены графики температурных зависимостей модулей упругости при атмосферном давлении, теоретически обсуждены полученные результаты.

Ключевые слова: поперечные и погонные волны, их скорости, медно-константановая термопара.

T. Bizhigitov[1], E. Madaliyeva[1]

[1]M.H. Dulati Taraz University, Taraz, Kazakhstan

INVESTIGATION OF TEMPERATURE DEPENDENCES OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS

Abstract. The article experimentally studied the physical and mechanical properties of steel grade 09G2C, widely used in construction. The design of the installation for conducting research is described, methods for determining the temperature of the test sample and the heat capacity of elastic linear and transverse waves propagating in it are described. We measured the velocities of linear and transverse ultrasound waves in the temperature range (220-380)K every 10K of temperature stepwise. As a source emitting a wave and a receiver receiving it, we used a quartz piezoelectric element with a resonant frequency of 10 MHz. The temperature of the sample was measured with a proof of ±1°C using a copper-constantane thermal bag. We used a heater made of dry ice steam and

tungsten to cool the cylindrical sample. Graphs of temperature dependences of elastic modulus at atmospheric pressure are constructed using experimentally measured parameters using well-known formulas in structural mechanics, and the results obtained are theoretically discussed.

Keywords: transverse and linear waves, their velocities, copper-constantane thermocouple.

References

1. Kittel, CH. Nayt, U., Ruderman, M. Kurs fiziki. Mekhanika [Physics course. Mechanics]: Vol. 1. – Moscow: Science, 1971. – 480 p. [in Russian].
2. Bizhígítov T. Zhalpy fizika kursy 1 tom, Mekhanika. Molekulalyk¸ fizika [Course of General Physics Volume 1, Mechanics. Molecular physics]: textbook. – Almaty: “Lantar Books”, 2024. – 498 p. [in Kazakh].
3. Vinogradov, M.B. Teoriya voln [Wave theory]: textbook. – Moscow: Science, 1990. – 432 p. [in Russian].
4. Mishina, O.O. Ultrasound and its application [Electronic resource]. – Access mode: http://www Scienceforum, ru/2015/882/9754. [in Russian].
5. Krasil'nikov, V.A. Zvukovyye i ul'trazvukovyye volny v vozdukhe, vode i tverdykh telakh [Sound and ultrasonic waves in air, water and solids]: textbook. – Moscow: Fizmatgiz, 1960. – 560 p. [in Russian].
6. Bizhigitov T., Yelibayeva A. The dependence of the compression modules of ice-six and the coefficient of volume expansion on pressure and temperature // Bulletin of KAZNPU named after Abai, series “Physical and Mathematical Sciences”. – 2020. – No. 2(70).
7. Bizhigitov T., Zhumadilov E.. Study dependence of Young’s, shear modulus ultrasonic waves propagation of the vi ice modification, to the pressure at a constant temperature //Bulletin of N. Gumilyov Eurasian National University Physics, Astronomy series. – 2020. – No. 4(133).
8. Bizigitov T., Zhumadilov E.. Methods of mathematical physics. Universitybook. – Almaty: “Lantar Books”, 2023. – 370 p.

IRSTI 67.21.17

A.S. Tulebekova[1] – *main author*,
Zh.T. Kusbergenova[2], B.K. Dosmukhambetova[3],
A.K. Tleubayeva[4], D.Zh. Artykbaev[5]

[1]PhD, Professor, [2]PhD student, [3,5]PhD, Senior Lecturer,
[4]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0001-8553-3081 [2]https://orcid.org/0000-0002-5404-942X
[3]https://orcid.org/0009-0006-3986-5716 [4]https://orcid.org/0000-0002-6741-780X
[5]https://orcid.org/0000-0003-4794-8707

[1,2,3,4]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[5]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

@ *[1]krasavka5@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/QZWT7215

ANALYSIS OF RISK FACTORS IN THE MEASUREMENT OF PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS

Abstract. The determination of the physical properties of soil is the basis for the successful design and construction of engineering projects. These properties directly influence the behaviour of the soil under various loads, which determines the stability and safety of building structures. To date, the main challenges in this field are the high degree of uncertainty and the risk of errors in laboratory testing. This study presents an experimental study of the physical properties of soil and provides a discussion on the probabilities of error and inaccuracy risks for each of the methods presented. The risk analysis approach was used for the evaluation. The approach focused on quantifying the errors in the measurements and the soil test method. The results showed that all methods of testing the physical properties of soil require a high degree of accuracy and adherence to standards, but the soil compaction test is a more complex process that requires special care and rigour in the procedures.

Keywords: soil test, risk, analyses, physical properties, accuracy.

Tulebekova A.S., Kusbergenova Zh.T., Dosmukhambetova B.K., Tleubayeva A.K., Artykbaev D.Zh. Analysis of risk factors in the measurement of physical properties of soils //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.220-229. https://doi.org/10.55956/QZWT7215

Introduction. Determining the particle size distribution of soil is an important step in geotechnical investigations that helps to understand the characteristics of the soil [1]. Particle size distribution shows the size distribution of soil particles and helps to determine its basic mechanical and physical properties. Soil grains that are similar in size and properties are grouped into groups called particle size fractions.

Various methods of investigation are used today [2-3]. These include sieve, hydrometric, liquid and soil plasticity tests, which are the most common and effective. Each of these methods helps to determine the particle size distribution as well as other key characteristics such as flowability, plasticity and compaction ability.

Thus, in [4] conducted studies on the evaluation of present and past methods of pedotransfer functions PTF and soil water retention curve based on soil texture,

bulk density, porosity and other related factors. In addition, the performance and limitations of various general semi-physical models proposed and developed by Arya and Paris, Haverkamp and Parlange, the Modified Kovács model by Aubertin et al., Chang and Cheng, the Modified Kovács model by Arya and Paris, Haverkamp and Parlange are evaluated. In a study by authors [5] presented a new approach and developed a standalone machine learning based GUI application for predicting hydraulic conductivity (K), maximum dry density (MDD) and optimum moisture content (OMC) of lateritic soils based on parameters including specific gravity, liquid limit, plasticity index, linear shrinkage and fines content.

The compacted dry density of gravelly soils containing particles that are too large for ordinary laboratory compaction tests is usually estimated by measuring the dry density of the base sample obtained by removing over-sized particles then correcting the measured value by the Walker-Holtz Equation. Authors were proposed efficient compaction method for gravelly soils containing oversized particles that controls the degree of saturation and the compaction energy [6].

In other works, the wet-sieving method was used for separation water-stable aggregates. Five soils (black soil, light chernozem soil, fluvo-aquic soil, sierozem soil, and loess soil) were used with different calcium carbonate ($CaCO_3$) contents as the target materials. The results showed that Excess Ca^{2+} can be converted into various forms of Ca by occupying SOC binding sites on the surface of soil particles with silt and clay particles [7].

Thus, the diversity of studies is related to the need for a thorough approach to determining the granulometric composition of soil. Risk management in soil particle size distribution testing is an important part of ensuring the accuracy and reliability of results, as various errors and uncertainties can occur during the testing process. Risks associated with method selection, equipment, analytical conditions, and sample preparation can have a significant impact on the final results. For example, errors in hydrometer calibration or loss of material during sieve washing can lead to significant errors in determining soil composition, which in turn can affect design and construction decisions.

The impact of risks in the context of particle size analysis is the possible misrepresentation of soil characteristics, which is critical for assessments of soil strength, permeability, and other geotechnical properties. Even small deviations can lead to incorrect conclusions about soil quality and, as a consequence, to erroneous design decisions. This study will present the results of the investigation of soil properties and the quality control features of each process.

Materials and methods. The investigations were conducted in the "ENU-Lab" laboratory of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan. The experiment's technical process consisted of the following main procedures for soil:

- Sieve analysis;
- Sedimentation analysis (hydrometer test);
- Compaction test analysis;
- Atterberg limits analysis (Liquid and plastic limit tests);

Determination of particle size distribution of soils by sedimentation analysis method. During the study, a soil sample was filled into a 1000 cm^3 container and mixed with distilled water. The water suspension was shaken with a stirrer for 1 min to a full depth until the sediment was completely agitated from the bottom of the cylinder, no splashing or foaming of the suspension was allowed (Fig. 1).



a) b)

Fig. 1. Preparation of the mixture: a) soil during mixing; b) soil after mixing

Hydrogen peroxide 6% was used to separate the soil particles into their individual components (Fig. 2). An hydrometer placed in this liquid allowed measuring the density of the suspension, which in turn allows calculating the content of fine particles in the sample [8].



a) b)

Fig. 2. Test process: a) soil before the hydrometer measurement; b) during the measurement process with hydrometer

After that, the hydrometer value was measured at 1 min, 2 min, 5 min, 15 min, 30 min, 60 min, 240 min, 1440 min from the end of shaking the suspension for a day.

The temperature of the suspension was controlled by measuring the temperature with an error of up to 0.5°C during the first 5 min (before the beginning of the experiment) and then after each measurement of the suspension density with hydrometer.

Determination of particle size distribution (grain size distribution) of soil sample by sieve method (wet method). The wet method for determining the grain size distribution is based on the use of water to separate soil particles by their size. The main purpose of the wet method is the separation of soil particles with the help of water, which contributes to the effective separation of larger particles from smaller ones [9].

The soil sample in the flask was transferred to pre-mounted sieves with mesh diameters of 5 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.16 mm, 0.063 mm. The sieves were placed them from the sump in order of increasing mesh size. Water gradually

washed the soil through the sieves, separating it into fractions based on particle size. Particles of larger fractions were retained on the upper sieves, while smaller particles passed through the sieves and settled (Fig. 3).

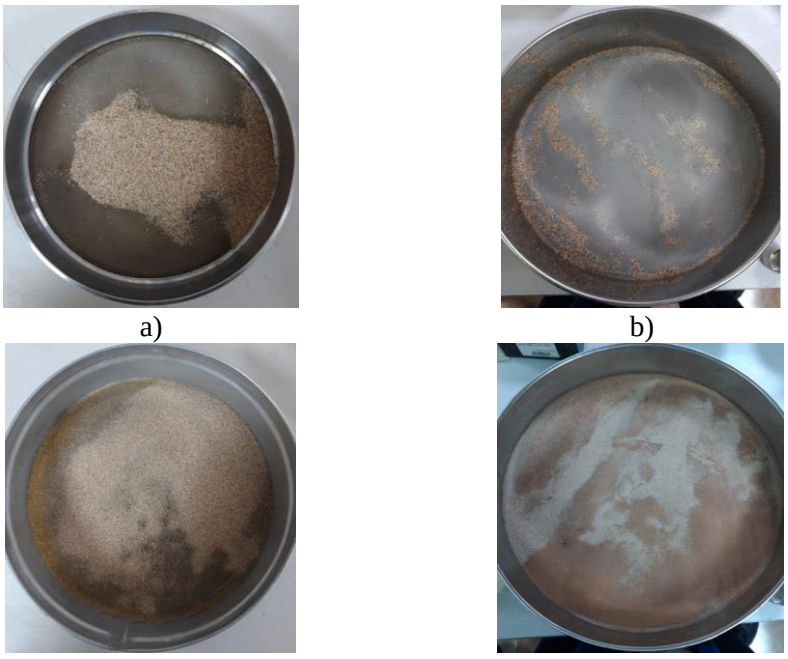


Fig. 3. Soil fractions remaining on the sieves after washing: a) size 0.5 mm, b) size 0.25 mm, c) size 0.16 mm, d) size 0.063 mm.

Soil fractions retained on the sieves were transferred to bins, weighed and then dried in an oven at (105±2)°C. In contrast to the dry method, the wet method eliminates errors that can occur when particles aggregate, e.g. clay or dust particles tend to stick together as a result of interaction with water, preventing accurate size determination. The wet method allows for a more accurate separation of particles into fractions.

Determination of soil moisture content by the constant mass drying method. The drying to constant mass method is based on evaporating moisture from the soil at a temperature of about 105-110°C and measuring the change in mass of the sample before and after drying. A soil sample for moisture determination was collected with a mass of 15-30 g, then placed in a pre-dried, weighed, and numbered bunker. When taking a sample from the disturbed sample, the soil was thoroughly mixed to ensure that the moisture was distributed evenly throughout the sample. The soil samples in the bax were weighed and the baxes were placed in a heated desiccator. The soil was dried overnight to constant weight at (105±2)°C.

From the desiccator, the soil was cooled to room temperature in an desiccator to avoid absorption of moisture from the air. After cooling, the mass of the sample was measured again on an analytical balance to obtain its dry mass.

Soil moisture content was determined by the equation:

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \times 100\% \quad (1)$$

where: m_1 – mass of wet soil with the brix, g; m_0 – mass of dried soil with the brix, g; m– mass of empty brix, g.

Method for determining the soil compaction factor. The method for determining the soil compaction factor aims to evaluate the load bearing capacity of the soil and to determine the optimum conditions for construction. The compaction ratio is an indication of how effectively the soil can be compacted to improve its strength and stability. This indicator is necessary to develop recommendations for the choice of foundation type as well as to predict the behaviour of the soil under load.

A 3 kg soil sample was placed in a cylindrical mould with a volume of 947.39 cm^2, which was divided into several layers. Distilled water was added to the soil in an amount of 3% of the total mass of the soil under study. Each layer of soil was subjected to compaction using a falling weight in 3 series of 25 blows. After the compacted soil sample was weighed and the density at water saturation of 3% of the total mass of the soil was calculated (Fig. 4).



Fig. 4. Soil compaction test

The density of wet soil was determined by the equation:

$$\rho_t = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (2)$$

where m_1 – mass of wet sample, g; V – sample volume,cm^3.

The density of dry soil is determined by the equation:

$$\rho_d = \frac{p_t}{1+\frac{W}{100}} \quad (3)$$

where: p_t– moist soil density, g/cm^3; W – humidity, %.

Determination of the lower plasticity limit - soil moisture at the rolling boundary. The lower plasticity limit is understood as the minimum water content in the soil at which it retains plastic properties, i.e. the ability to deform without fracture when an external force is applied. This limit characterises the degree of moisture content at which the soil begins to lose its ability to plastic deformation and becomes brittle. During the research a sample of air-dry soil weighing 100 g was sifted through a sieve with a 0.5 mm hole and ground in a mortar with a pestle with a rubber tip (Fig. 5). The soil sample was moistened with distilled water to a thick dough. The rolling boundary was determined by rolling the soil dough into the wire by hand. It

is considered that the rolling limit is reached when the soil flagellum with a diameter of 3 mm starts to break up into pieces of 3-10 mm in length.



a) b)

Fig. 5 The process of rolling the soil into flagella: a) at the rolling boundary; b) after drying in an oven

The ground dough was rolled on glass until fine cracks appeared in the 3 mm diameter bundle and it began to disintegrate into individual pieces. The pieces were then collected in bins to be weighed and dried in an oven for 24 hours and then re-weighed again.

Soil moisture content at the rolling boundary Wp was determined by the equation:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100\%, \quad (4)$$

where m – mass of an empty bucket with a lid; m_1 – mass of the bucket with wet soil at the rolling boundary; m_0 – mass of the bunker with dried soil.

The probability and impact-based risk assessment method was used to assess the risks associated with the soil particle size distribution tests conducted. This method allowed to systematise and quantify the risks that may arise during testing. It is based on two main criteria:

1. Likelihood is the probability that a particular risk or error could occur during a trial. It is scored on a scale of 0 to 1, where 0 means no probability at all and 1 means that the event is guaranteed to occur.

2. Impact is the extent to which risks affect the final outcome of the trial, i.e., the accuracy and validity of the data. Impact was also rated on a scale of 1 to 5, where 1 means negligible impact and 5 means catastrophic. Those risks that have a major impact on the outcome were rated at 4-5. While other less critical risks had a low impact of 2-3.

Research results and discussion. Readings of the hydrometer lowered into the flask with soil are given in Table 1.

The masses of soil fractions are presented in Figure 6. Depending on the percentage of these fractions, the soil classification was subsequently determined. Each fraction affects the soil's ability to retain water and interact with external loads, which is important to consider when designing construction projects.

Table 1

Performance in the hydrometer test

Hydrometer reading, mm	Soil holding time, min	t, °C
1 min	1009	21
2 min	1008.5	21
5 min	1005	21
15 min	1025	21
30 min	999.5	21
60 min	998.5	21
240 min	998.5	21
1440min	998.5	21

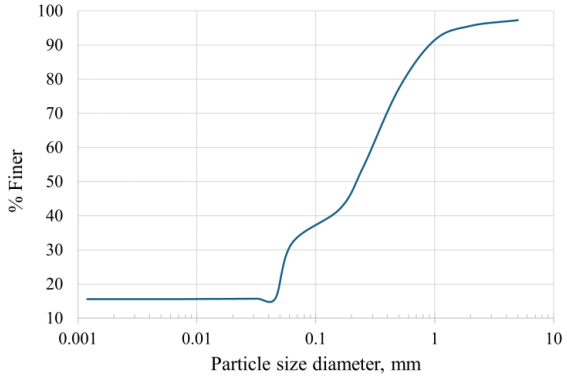


Fig. 6. Particle size distribution curve

The results of soil moisture determination by drying to constant weight method are presented in Table 2. The soil sample was classified as poorly graded sand with fine frictions (Table 3).

Table 2

Results of soil moisture determination by the method of drying to constant weight

No. of bux	m, g	m_1, g	m_0, g	w, %	w_{aver}, %
4	5.17	20.38	20.18	1.332	1.297
6	5.2	17.3	17.14	1.34	
19	10.09	24.21	24.04	1.218	

Table 3

Physical characteristics of soil

Soil characteristic	Value
Specific gravity, g/cm^3	2.538
Maximum dry density, g/cm^3	2.031
Optimum water content, %	10.194
Sand sized fraction (75μm-2mm), %	60.794
Silt sized fraction (5-75μm), %	19.193
Clay sized fraction (<5μm), %	15.607
Liquid limit, LL, %	23.251
Plastic limit, PL, %	1.190
Plasticity Index, PI, %	22.061

The results on risk assessment according to the conducted research methods are presented in Table 4 and Figure 7.

Table 4

Risks assessment

Method	Risks	Likelihood	Impact
Hydrometer Method	1. Error in selecting the suspension concentration	0.5	3
	2. Incorrect calibration of the hydrometer	0.5	3
	3. Inability to analyze large fractions	0.5	3
	4. Errors due to imperfections in the method	0.4	3
	5. Instability of temperature conditions	0.3	2
	6. Contamination of the hydrometer		
Sieving Method (Wet)	1. Loss of particles during washing	0.8	3
	2. Inability to separate fractions with similar sizes	0.8	3
	3. Errors due to moisture	0.6	3
	4. Sample heterogeneity	0.6	3
Drying to Constant Mass Method	1. Overheating of the sample	0.2	2
	2. Temperature instability	0.2	2
	3. Inability to account for hygroscopic moisture	0.4	3
	4. Insufficient drying time	0.2	2
Compaction Coefficient Method	1. Inability to control moisture accurately	0.6	4
	2. Error during the compaction procedure	0.6	4
	3. Sample non-uniformity	0.6	4
	4. Temperature and humidity fluctuations	0.6	4
Lower Plasticity Limit Method	1. Errors in determining the rolling boundary	0.5	3
	2. Sample heterogeneity	0.5	3
	3. Inability to control moisture accurately	0.5	3
	4. Temperature and humidity fluctuations	0.5	3

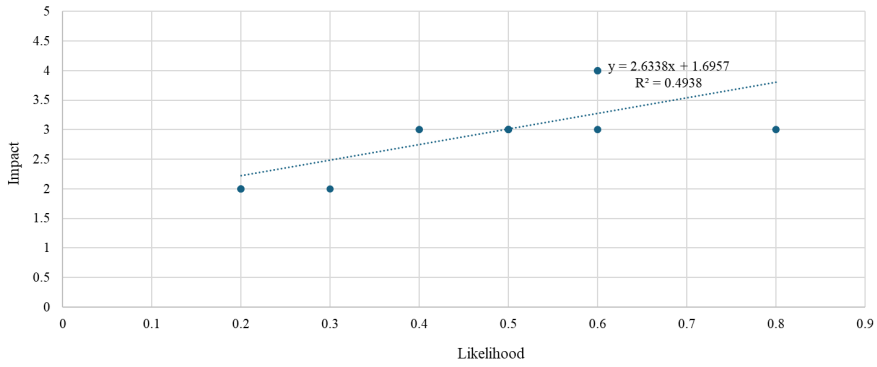


Fig. 7. Risk spread diagram

The scatter diagram with probability and influence showed that with each increase of the reduced probabilities by 1 the influence value increases by 3 units, and the calculated coefficient of determination shows a moderate degree of strength of the reduced model.

Conclusion. The particle size distribution of soil plays a crucial role in determining its construction and performance characteristics such as strength, permeability and compressibility. Its accurate study helps to predict the behaviour of the soil under the influence of external factors, which is important for the development of safe construction solutions. Errors in determining particle size

distribution can lead to incorrect estimates of soil characteristics and increased risks during construction.

The conclusions of the study are as follows:

1. Various methods are used to accurately assess the particle size distribution of soil, including sieve analysis, hydrometer analysis, and liquid and plastic limit studies. Each of these methods provides detailed information on the soil's partial composition, compressibility, and water absorption capacity. The combined use of these methods provides a more accurate and comprehensive understanding of soil characteristics.

2. In sieve analysis there is a risk of misinterpretation of particle sizes, which can lead to misinterpretation of the particle size distribution. In hydrometer analysis, errors can occur due to improper sample preparation or errors in solution density measurements. Errors in liquid limit and plastic limit analyses can distort the yield and plasticity of the soil, which affects the predicted behaviour of the soil in service.

3. The study showed that the soil may contain impurities that affect its physical properties. Precise analysis of the particle size distribution allowed to determine that the investigated soil belongs to a certain type taking into account the presence of different fractions and impurities. The soil sample was classified as poorly graded sand with fine frictions.

4. The use of scatter plots allowed us to visualise the risk analysis of each survey method, which may lead to measurement errors. The use of scatter diagrams opens up opportunities for more accurate interpretation and optimisation of investigation methods, minimising potential errors and improving the quality of geotechnical investigations.The greatest influence on the indicators of determination of physical properties of soil affects the accuracy and elimination of errors when carrying out tests on the Compaction Coefficient Method, where the probability of errors can reach a critical value, where the impact was 80%, and the probability was 60%.

References

1. Kuzmin G.P. Analysis of correlations among soil physical properties // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2019. – No. 6. – P. 125-128.
2. Das B.M. Principles of geotechnical engineering. – Cengage Learning. – 2017. – 683 p.
3. Mashchenko A.V., Ponomarev A.B., Sychkina E.N. Special methods soil mechanics and mechanics rock formations, 2014. – 176 p.
4. Farooq U. et al. Evaluation of Pedotransfer Functions to Estimate Soil Water Retention Curve: A Conceptual Review //Water. – 2024. – Vol. 16. – No. 17. – P. 2547.
5. Adamolekun L.B. et al. Development of machine learning-based standalone GUI application for predicting hydraulic conductivity and compaction parameters of lateritic soils //Scientific African. – 2024. – Vol. 26. – P. e02393.
6. Ihara S. et al. Estimating the compacted dry density of gravelly soil with oversized particles //Transportation Geotechnics. – 2024. – Vol. 49. – P. 101379.
7. Dou X. et al. Relationship between calcium forms and organic carbon content in aggregates of calcareous soils in northern China //Soil and Tillage Research. – 2024. – Vol. 244. – P. 106210.
8. Test method for particle size distribution of soils. – Japanese Geotechnical Society Standards, 2009. – 13 p.
9. GOST 12536-2014. Soils. Methods of laboratory granulometric (grain-size) and microaggregate distribution. – Introduced 2015-07-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 8 p.

Material received on 11.11.24.

А.С. Тулебекова[1], Ж.Т. Кусбергенова[1], Б.К. Досмұхамбетова[1], А.К. Тлеубаева[1], Д.Ж. Артыкбаев[2]

[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ТОПЫРАҚТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ӨЛШЕУ КЕЗІНДЕГІ ТӘУЕКЕЛ ФАКТОРЛАРЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Топырақтың физикалық қасиеттерін анықтау инженерлік нысандарды сәтті жобалау мен салудың негізі болып табылады. Бұл қасиеттер әртүрлі жүктемелердегі топырақтың сипаттамасына тікелей әсер етеді, бұл құрылыс құрылымдарының тұрақтылығы мен қауіпсіздігін анықтайды. Бүгінгі таңда бұл саладағы негізгі проблемалар – бұл белгісіздіктің жоғары деңгейі және зертханалық зерттеулер кезінде қателіктер қаупі. Бұл жұмыс топырақтың физикалық қасиеттерін эксперименттік зерттеуді ұсынады және ұсынылған әдістердің әрқайсысы үшін қателіктер ықтималдығы мен дәлсіздік тәуекелдерін талқылайды. Бағалау үшін тәуекелдерді талдауға негізделген тәсіл қолданылды. Тәсіл өлшеу қателіктерін және топырақты сынау әдісін сандық бағалауға бағытталған. Нәтижелер топырақтың физикалық қасиеттерін анықтауға арналған барлық сынақ әдістері жоғары дәлдікті және стандарттарды сақтауды қажет ететіндігін көрсетті, бірақ топырақты тығыздау сынағы процедуралардың ерекше күтімі мен қатаңдығын қажет ететін күрделі процесс болып табылады.

Тірек сөздер: топырақты сынау, қауіптілік, талдау, физикалық қасиеттері, дәлдігі.

А.С. Тулебекова[1], Ж.Т. Кусбергенова[1], Б.К. Досмухамбетова[1], А.К. Тлеубаева[1], Д.Ж. Артыкбаев[2]

[1]Евразийский университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[2]Южно-казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА

Аннотация. Определение физических свойств грунта является основой для успешного проектирования и строительства инженерных объектов. Эти свойства напрямую влияют на поведение грунта при различных нагрузках, что определяет устойчивость и безопасность строительных конструкций. На сегодняшний день основными проблемами в этой области являются высокая степень неопределенности и риск ошибок при проведении лабораторных испытаний. В данной работе представлено экспериментальное исследование физических свойств грунта и приведено обсуждение вероятности ошибок и рисков неточности для каждого из представленных методов. Для оценки использовался подход, основанный на анализе рисков. Подход был направлен на количественную оценку погрешностей измерений и метода испытания грунта. Результаты показали, что все методы испытания по определению физических свойств грунта требуют высокой степени точности и соблюдения стандартов, однако испытание на уплотнение грунта – более сложный процесс, требующий особой тщательности и строгости процедур.

Ключевые слова: испытание грунта, риск, анализ, физические свойства, точность.

ҒТАМР 67.09.31

А.А. Сағындықов[1] – *негізгі автор*,
Ж.Е. Ескермесов[2], Г.М. Баялиева[3],
С.К. Нурпеисов[4], А.Б. Тұрмаханбетова[5], Н.Т. Қарабаев[6]

[1]*Техн. ғылым. д-ры, профессор,* [2]*PhD, доцент,* [3,4]*Техн. ғылым. канд., доцент,* [5,6]*Магистр, аға оқытушы*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-1812-5739* [2]*https://orcid.org/0000-0001-6464-2748*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-9897-5740* [4]*https://orcid.org/0009-0005-6780-0533*
[5]*https://orcid.org/0009-0008-6416-238X* [6]*https://orcid.org/0000-0001-6382-6617*

[1,2,3,4,5,6]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*aa.sagyndykov@dulatu.kz*

https://doi.org/10.55956/MKAH7463

ҰЛПА КҮЛДЕН ЖАСАЛҒАН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШ ЗАТТАР МЕН ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ БЕТОНДАРДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа. 10-40% мөлшерінде Екібастұз ГРЭС ұлпа күлін және СП-1 пластификациялаушы қоспасын пайдалана отырып, композициялық байланыстырғыш заттардың физика-механикалық қасиеттері анықталды. Композициялық байланыстырғыш заттардың және кешенді қоспалар негізінде сығылуға беріктігі 24,5-27,3 МПа; иілу кезіндегі созылу беріктігі – 4,7-5,1 МПа; суды сіңіру – 2,1%, су өткізбеушілігі – W 6-8; аязға төзімділігі F 200-250 гидротехникалық бетондар алынды.

Тірек сөздер: портландцемент, ұлпа күл, суперпластификатор, гидрофобты қоспа, базальт талшығы, гидротехникалық бетон, беріктік.

Сағындықов, А.А. Ұлпа күлден жасалған композициялық байланыстырғыш заттар мен гидротехникалық бетондардың технологиялық және физика-механикалық қасиеттері [Мәтін] / А.А. Сағындықов, Ж.Е. Ескермесов, Г.М. Баялиева, С.К. Нурпеисов, А.Б. Тұрмаханбетова, Н.Т. Қарабаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.230-237. https://doi.org/10.55956/MKAH7463

Кіріспе. Гидротехникалық бетонның құрылымы мен қасиеттерін оңтайландыру мәселесін шешу үшін оларды өндіру процесінде пайдаланылатын клинкерді басқа пайдалы минералдармен ішінара ауыстыра отырып, композициялық байланыстырғыштарды жасауға болады, тиімділігі:

– өндірілген 1 тонна цементке қажетті табиғи ресурстар (отын және шикізат) мөлшерін азайту;

– өндірілген цементтің 1 тоннасына парниктік газдардың (CO_2) шығарындыларын азайту;

– техногендік (отын, металлургия өнеркәсібінің қалдықтары және т.б.) және табиғи (табиғи пуццолан, әктас және т.б.) минералдық компоненттерді пайдалануды кеңейту;

Композициялық байланыстырғыштар технологиялық және арнайы сипаттамалардың кең ауқымымен бағытталған қасиеттері бар құрылыс композиттерін жасауға мүмкіндік береді [1-3]. Композициялық байланыстырғыш заттардың жаңа буынын қолдану айтарлықтай артықшылықтар береді:

– ерітінді және бетон қоспаларының қасиеттерін тұрақтандыру (жоғары біртектілік, жақсартылған реология және т. б.);

– композиттің біркелкі микроқұрылымын, ұсақ кристалды құрылымын қалыптастыру үшін алғы шарттар жасау, кеуектіліктің төмендеуі, жоғары сығу беріктігі, гидратациядағы төмен жылу бөлінуі, жоғары жарықшаларға төзімділік.

Технологиялық әдістер мен тәсілдер (жаңа шикізат базасын пайдалану, ұнтақтау, компоненттерді қарқынды араластыру, химиялық қоспаларды қолдану және т.б.) әдеттегі бетондарға қарағанда цемент шығыны айтарлықтай төмен, тиімді композициялық байланыстырғыштарды алуға мүмкіндік береді [4].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бетонның қасиеттері мен құрылымы ЦЕМ II 42,5 Н класты портландцемент (өндіруші «Жамбыл цемент» ЖШҚ (МССТ 31108-2016), ірілік модулі 2,5 ұсақталған еленділер («Үш бұлақ» ААҚ жеткізушісі; МССТ 8736-2014), 5-20 мм гранитті қиыршық тас; дисперсті күшейткіш қоспа – туралған базальт талшығын (ЖШҚ «ИнРеС»; ТШ 5952-002-13307094-08) пайдаланылып зерттелді. Кешенді модификатор ретінде «Полипласт СП-1» («Полипласт» ЖШҚ) және «Гидромакс» гидрофобты қоспасы («Полипласт» ЖШҚ; ТШ 9365-002-46270704-2001) қолданылды.

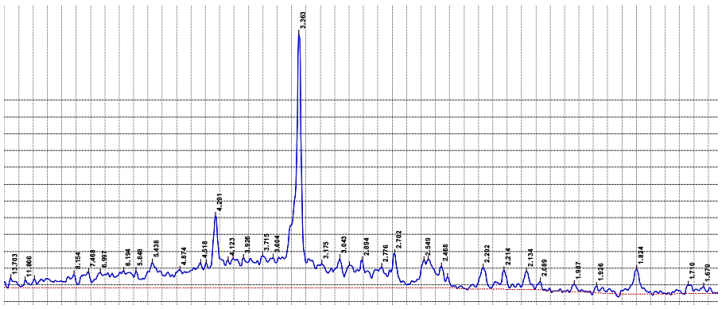
«Полипласт СП-1» қоспасы – әртүрлі молекулалық салмақтағы полиметиленнафталинсульфо қышқылдарының натрий тұздарының қоспасы. Қоспа екі түрге бөлінеді: нормаланбаған ауаны енгізу және ауаны басатын компонент қосылған кезде – төмен (нормаланатын) ауаны енгізуді қамтамасыз ететін (ВП түрі).

«Гидромакс» – ашық-сұр түсті гидрофобты пластификациялаушы құрғақ ұнтақ.

Екібастұз ГРЭС ұлпа күлі – қатты отынның минералды бөлігінен түзілетін құрғақ жұқа дисперсті шаңды, төмен кальцийлі, полидисперсті материал, меншікті беті 300 $м^2/кг$, орташа тығыздығы 1200 $кг/м^3$, шынайы тығыздығы 2008 $кг/м^3$, үйінді тығыздығы 980 $кг/м^3$, ылғалдылығы 0,59% құрайды.

Күлдің көп бөлігі тегіс шыны тәрізді беті бар, әр түрлі іріліктегі шыны тәрізді бөлшектерден (өлшемі 1-40 мкм), беті дамыған, кеуекті полидисперсті анизометриялық бөлшектерден тұрады, пластина, дұрыс емес және бұрышты пішінді-қабатты құрылымды. Күлдің құрамында: аморфты SiO_2 және $A1_2O_3$, алюминий силикатты шыны бар. Күлдің химиялық құрамы, мас. % SiO_2 64-65; Al_2O_3 23-24; $Fe_2O_3$5-6; CaO 2-3; MgO 0,7-0,8; R_2O 0,5-0,7.

Алынған нәтижелер ұлпа күлдің құрамында кремний оксиді SiO_2 (58,6%) мен алюминий оксидінің $A1_2O_3$ (24,3%) жоғары болуымен сипатталатынын көрсетеді. Ұлпа-күл аморфты және кристалды компоненттерді қамтитын бейорганикалық және органикалық фазалардан тұрады. Аморфты құраушы муллитті құрамды шынысынан, жалған аморфты күйдегі кремний мен алюминий оксидінен құралған. Кристалдық фаза кварцтың бірнеше түрлі модификацияларымен (SiO_2) ұсынылған, олар табиғи модификациялардан кристалдық тор параметрлерімен ерекшеленеді (d=4,29; 4,12; 3,36; 2,46; 2,29; 2,13; 1,98; 1,82; 1,68...А) (1-сурет).



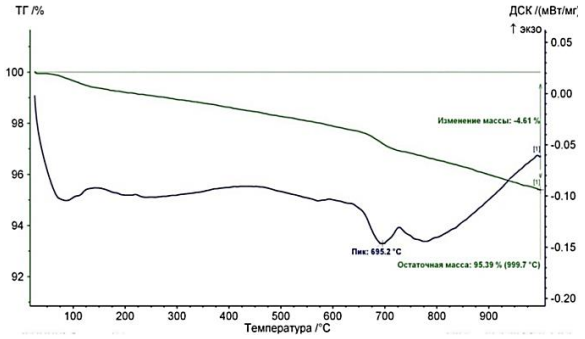
Сурет 1. Экібастұз ГРЭС ұлпа күлінің рентгенограммасы

ДТА қисығында 695ºС-та эндоэффект, сондай-ақ отынды жағу кезінде пайда болған кристалды өсінділер: муллит, кальций алюминаты және т.б. көрсетілен (2-сурет).

РФА нәтижелері бойынша зерттелген ұлпа күлінде $Ca(OH)_2$-мен өзара әрекеттесетін, кальций гидросиликаттарын қалыптастыру үшін, олардың гидромеханикалық белсенділігін сипаттайтын, рентген-аморфты элементтердің едәуір санын қамтитыны анықталды.

Ұнтақтау нәтижесінде күлдің реактивті белсенділігінің жоғарылауы кристаллдар құрылымындағы ақаулардың жоғарылауына және кристалдық фазадан аморфты фазаға ішінара өтуіне әкеледі, бұл олардың реактивтілігін арттырады.

Майда ұнтақталған күл құрамындағы кремний оксидтерінің жоғары мөлшері әдеттегі температурада алитті ылғалдандыру кезінде бөлінетін $Ca(OH)_2$-нің қалыпты температурада C-S-H типті кальций гидросиликаттарын түзуіне ықпал етеді, яғни олар пуццоланды белсенділікке ие және оларды гидротехникалық бетондар өндірісінде қолдануға болады.



Сурет 2. Ұлпа күлдің ДТА қисықтары

Композициялық байланыстырғыштар (КБ) құрамындағы белсенді минералды қоспа болатын ұлпа күлді қолданудың тиімділігін анықтаудың ең сенімді әдісі қоспалармен бірге байланыстырғыштардың физика-механикалық көрсеткіштерін анықтау болып саналады, бұл күлдің клинкер минералдарымен жанасу жағдайларын және олардың арасындағы процестерді модельдейді [1-3].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. КБ құрамындағы ұлпа күлдің оңтайлы мөлшерін анықтау үшін портландцементтің мөлшерін 90%-дан 60%-ға дейін, ал күлдің мөлшері 10%-дан 40%-ға дейін өзгерген

құрамдар дайындалды. Ұлпа күлдің гидравликалық қасиеттерін жақсарту үшін оларды ұсақтау керек екені белгілі. Қарқынды ұнтақтау процесінде гомогенизациямен қатар қоспаның компоненттері белсендіріледі, бұл одан әрі алынған композициялық байланыстырғыш заттың физика-механикалық және технологиялық қасиеттеріне оң әсер етеді. Байланыстырғыш компоненттерді бірге ұнтақтау бір уақыт ішінде жүзеге асырылды. Ұнтақтаудан кейін байланыстырғыш заттың меншікті беті анықталды.

Байланыстырғыш затты сумен және онда ерітілген СП-1 суперпластификаторымен (цемент массасынан 0,5-1,5% мөлшерде) араластыру арқылы 3×3×3 см өлшемді кубиктер және 4х4х16 см өлшемді арқалықтар дайындалып, дірілдету үстелінде нығыздалды. Әрбір композиция үшін судың қатты қатынасы (С/Қ) 0,25-0,27 аралығында өзгерді. Бір тәуліктен кейін үлгілер қалыптан босатылып, ылғалды жағдайда 28 тәулік ұсталды. Сонан соң КБ үлгілері сынақтан өтті, олардың нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

КБ құрамында ұлпа күлдің мөлшерін арттырып (1-кесте), қатайтылған үлгілерді сығу кезіндегі беріктік шегінің 40,1 МПа-дан 35,2 МПа-ға дейін төмендеуі байқалады. Әрі қарай зерттеулер цементті ең көп үнемдейтін цемент 60%: ұлпа күл 40% құрамында жүргізілді. Алынған нәтижелер күлдің пуццоландық белсенділігін растайды.

КБ физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін суперпластификатор (СП) (цемент массасының 0,5-1,5%) қолданылды, бұл олардың пластикалық күйде және қатаю процесінде құрылым түзуін басқару мүмкіндігін қамтамасыз етеді. СП тиімділігі қалыпты қоюлықтағы цемент ерітіндісінің су қажеттілігінің төмендеуін көрсетті.

Кесте 1

СП-1 суперпластификаторы бар композициялық байланыстырғыштардың құрамы және физикалық-механикалық сипаттамалары

№	Құрам, %			ҚҚ, %	Ұстасу мерзімі (басы/соңы), мин	Беріктік шегі, МПа	
	ПЦ	күл	СП-1			7 тәулік	28 тәулік
1	100	-	-	25	30/185	27,5	40,1
2	90	10	-	25,5	31/187	25,4	38,2
3	80	20	-	26	32/188	24,3	37,3
4	70	30	-	26,4	33/189	23,5	36,1
5	60	40	-	27	35/191	21,4	34,2
6	60	40	0,5	25,4	29/183	24,5	37,3
7	60	40	1,0	24,2	28/182	25,9	39,5
8	60	40	1,5	23,7	27/181	27,6	41,1

Жүргізілген сынақтардың нәтижесінде (1-кесте) анықталды:

– КБ массасынан 0,5-1,5% көлемінде суперпластификаторды енгізген кезде қатайтылған тастың беріктігіне анықтаушы әсер оның дефлокуляциялық әсері болып табылады, бұл ерітіндінің қалыпты қойлығы (ҚҚ) 27%-дан 23,7%-ға дейін айтарлықтай төмендетуімен және суперпластификаторсыз КБ-пен салыстырғанда беріктіктің 9-21%-ға жоғарылауымен бірге жүреді;

– Беттік адсорбция және КБ бөлшектерінің молекула аралық және стерикалық итерілуінің пайда болу нәтижесінде СП-1 суперпластификаторымен өзара әрекеттесу процесі жүреді, нәтижесінде ұлпа күлді КБ ұстасудың басталуы жеделдетіледі (35-тен 27 минутқа дейін);

– 28 тәулік жасында 37,1-41,1 МПа сығу кезінде беріктік мәндерімен, гидротехникалық бетоннан құрылыс бұйымдары мен конструкцияларын дайындау үшін пайдаланылатын байланыстырғыш заттарға қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

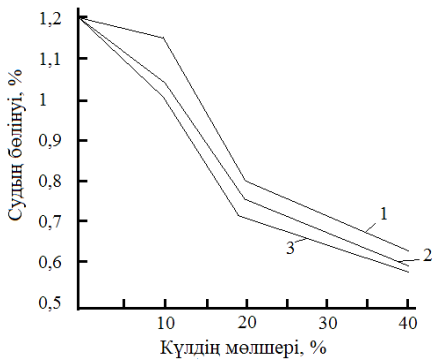
Бетон және темірбетон бұйымдарының сапасын анықтайтын бетон қоспалары үшін ең маңызды көрсеткіш оның реологиялық сипаттамалары болып табылады [4-6]. Бұл жұмыста күлді бетон қоспаларында қолдану, сондай-ақ олардың су бөлу, ерітінді бөлу сияқты реологиялық қасиеттерге әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бағалау және салыстыру үшін П3 (ОК=12 см) жылжымалылығы бар В20 бетон қоспасының құрамдары дайындалды, цементтің мөлшері ішінара 10%, 20%, 30%, 40% күлмен алмастырылды. Бетон қоспаларының технологиялық қасиеттері МССТ 10181-2014 «Бетон қоспалары. Сынақ әдістері» сәйкес анықталды. Қоспаның негізгі компоненттерінің шығыны 2-кестеде келтірілген.

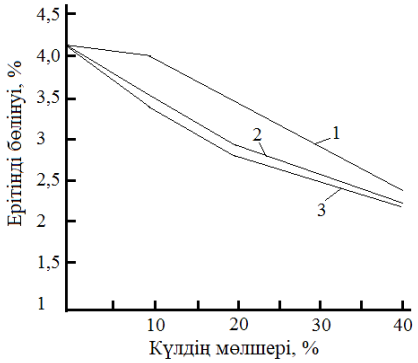
Кесте 2

Бетонның құрамдары мен қасиеттері

№	1м^3 бетонға шығын, кг						Конустың шөгуі, см	Жылжымалылық маркасы
	ПЦ	Күл	Еленді	Шағал	Су	Қоспа		
1	360	-	700	1250	180	-	1-2	П1
2	340	80	680	1150	180	-	2	П1
3	320	100	680	1150	180	-	2	П1
4	300	120	680	1150	180	-	3	П1
5	340	80	680	1150	180	4,2СП	9	П3
6	320	100	680	1150	180	4,2СП	10	П3
7	300	120	680	1150	180	4,2СП	11	П3
8	340	80	680	1150	180	4,2СП+1,3ГМ	10	П3
9	320	100	680	1150	180	4,2СП+1,3ГМ	11	П3
10	300	120	680	1150	180	4,2СП+1,3ГМ	12	П3
11	320	100	680	1150	180	4,2СП+1,3ГМ+ 12,6БТ	12	П3

МССТ 7473 талаптары бойынша су бөлу 0,4-0,8%, ал ерітінді бөлу 3-4% аспауы керек. Күл мен пластификаторды енгізу бетон қоспасын тұрақтандырады, бұл цементке қосымша майлау әсерін береді. Нәтижесінде су мен ерітінді бөлу көрсеткіштері төмендейді (сурет 3, 4).





1 – суперпластификатор қоспасысыз; 2 – СП-1 қоспасымен 0,5%; 3 – 1% СП

Сурет 3. Күл мен пластификатор мөлшерінен судың бөлінуінің өзгеруі

Сурет 4. Күл мен пластификатор мөлшерінен ерітінді бөлінуінің өзгеруі

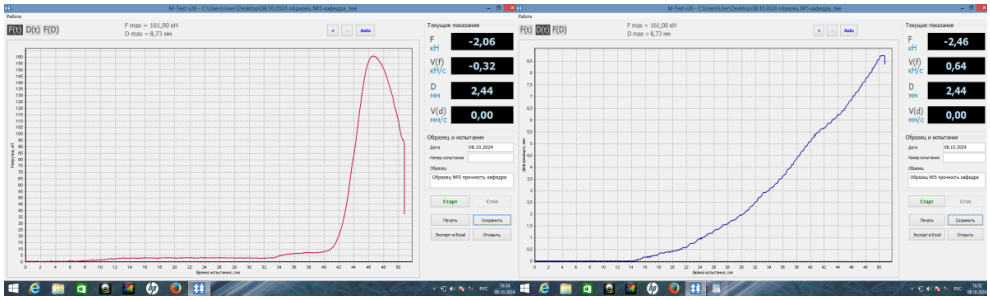
5а суретте «жүктеме-сынақ уақыты» координатында №9 құрамның 7 тәулік жасындағы бетонды сығу кезіндегі беріктіктің өзгеру қисығы көрсетілген. Максималды қиратушы жүктеме – 161 кН болды, жалпы сынақ уақыты – 50 секунд, 0-ден 34 секундқа дейінгі уақыт аралығында сынаманың азды-көпті тұрақты кедергісі байқалады.

Бетонның деформациясы жүктеменің қысқа әсер етуімен анықталды:

$$Б_{обж}=Б_б/R_c$$

мұндағы: $Б_б$ – жүктеменің осы сатысында бетондағы кернеулер; R_c – қысуға беріктік шегі.

Бетонның максималды деформациясы 8,73мм құрады (сурет 5б).



а) б)

Сурет 5. Жүктемеден бетонды қысу беріктігінің (а) және деформацияның (б) өзгеруі

Модификацияланған бетон қоспалары мен бетондардың қозғалғыштығы, орташа тығыздығы, су бөлу, ерітінді бөлу, иілу кезінде қысу және созылу, кернеу қарқындылығының шартты коэффициенті, орташа тығыздығы бойынша сынау нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Модификацияланған гидротехникалық бетонның қасиеттері

Көрсеткіштер	Құрамдар			
	Бақылау	№6	№9	№11
Бетон қоспасының жылжымалылық маркасы (КШ, см)	П1	П3	П3	П3
Бетон қоспасының орташа тығыздығы, кг/м^3	2410	2415	2418	2420
Бетон қоспасының судың бөлінуі, %	1,2	0,7	0,6	0,5
Бетон қоспасының ерітінді бөліну көрсеткіші, %	4,2	2,9	2,7	2,5
Бетонның сығылуға беріктігі, МПа, $R_{сыг}$	21,4	24,5	25,6	27,3
Иілу кезінде бетонның созылу беріктігі, МПа, $R_и$	4,1	4,5	4,7	5,1
Су сорғыштығы, %	3,8	2,2	2,1	1,9
Су өткізбейтіндігі бойынша бетон маркасы	W6	W6	W8	W8
Аязға төзімділігі бойынша бетон маркасы, F	200	200	300	300

Қорытынды. Ұлпа күлді және иілімділіктті арттыратын қоспаны қолдану арқылы цементті үнемдеуші, бетонның технологиялық қасиеттерін жақсартатын, беріктігі жоғары композициялық байланыстырғыштар жасалды. Жақсартылған пайдалану қасиеттері (беріктігі, су өткізбейтін, жарыққа төзімділігі) бар гидротехникалық құрылыс үшін тиімді бетон алу мәселесін шешу күлді байланыстырғыш затты кешенді полимерлі

модификатормен (1,0% СП+ 0,3% Гидромакс) модификациялау есебінен жүзеге асырылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Кривобородов, Ю.Р. Применение микродисперсных добавок дляускорения твердения цемента [Текст] / Ю.Р. Кривобородов, А.А. Еленова //Строительные материалы. – 2016. – № 9. – С. 65-67.
2. Нурымбетов, Б.Ч. Влияние тонкодисперсного наполнителя напроцессы образования силикатов кальция [Текст] / Б.Ч. Нурымбетов, Ш.Н. Туремуратов, А.Д. Жуков, М.О. Асаматдинов //Вестник МГСУ. – 2016. – Т. 12. –№ 103. – С. 446-451.
3. Воронов, В.В. Особенности гидратации и твердения полиминеральных композиционных вяжущих для пенобетонов [Текст] / В.В. Воронов, Е.С. Глаголев //Вестник СибАДИ. – 2020. – Т. 16. – № 3. – С. 324-333.
4. Lesovik V.S. et al. Increasing efficiency of composite thermal insulationfoam concretes [Текст] //Advances in Engineering Research. – 2017. – Vol. 133. – P 414-419
5. Шоева, Т.Е. Мелкозернистый бетон на основе МАВС из природного и техногенного сырья Тывы [Текст] / Т.Е. Шоева, В.С. Баев, Ю.Д. Каминский //Строительные материалы. – 2011. – № 9. – С. 36-38.
6. Ткач, Е.В. Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема совместно с микроармирущимволокном для повышения эксплуатационных характеристик [Текст] / Е.В. Ткач, Р.И. Темирканов, С.А. Ткач //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 5. – С. 215-226.

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.

Материал редакцияға 13.11.24 түсті.

А.А. Сагындыков[1], Ж.Е. Ескермесов[1], Г.М. Баялиева[1], С.К. Нурпеисов[1], А.Б. Турмаханбетова[1], Н.Т. Карабаев[1]

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ ИЗ ЗОЛЫ УНОСА

Аннотация. Определены физико-механические свойства композиционных вяжущих с использованием золы уноса Экибастузской ГРЭС в количестве 10-40% и пластифицирующей добавки СП-1. На основе вяжущих и комлексных добавок получены высокопрочные гидротехнические бетоны с прочностью на сжатие 24,5-27,3 МПа; прочностью на растяжение при изгибе – 4,5-5,1 МПа; водопоглощением – 1,9-2,2% масс.; водонепроницаемостью – W 6-8; морозостойкостью – F 200-300.

Ключевые слова: портландцемент, зола унос, суперпластификатор, гидрофобная добавка, базальтовое волокно, гидротехнический бетон, прочность.

A.A. Sagyndykov[1], Zh.E. Eskermesov[1], G.M. Bayalieva[1], S.K. Nurpeisov[1], A.B. Turmakhanbetova[1], N.T. Karabaev[1]

[1]M.H. Dulati Taraz University, Taraz, Kazakhstan

TECHNOLOGICAL AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE BINDERS AND HYDRAULIC CONCRETES FROM THE FLY ASH

Abstract. The physical and mechanical properties of composite binders using fly ash from Ekibastuz GRES in the amount of 10-40% and plasticizing additive SP-1 were determined. On the basis of binders and complex additives, high-strength hydraulic concretes with a compressive strength of 24.5-27.3 MPa; tensile strength during bending - 4.5-5.1 MPa; water absorption – 1,9-2.2% by weight; water resistance – W 6-8; frost resistance – F 200-300 were obtained.

Keywords: Portland cement, fly ash, superplasticizer, hydrophobic additive, basalt fiber, hydraulic concrete, strength.

References

1. Krivoborodov YU.R., Yelenova A.A. Primeneniye mikrodispersnykh dobavok dlyauskoreniya tverdeniya tsementa [Application of microdispersed additives to accelerate cement hardening] //Stroitel'nyye materialy [Construction materials]. – 2016. – No. 9. – P. 65-67. [in Russian].
2. Nurymbetov B.CH., Turemuratov SH.N., Zhukov A.D., Asamatdinov M.O. Vliyaniye tonkodispersnogo napolnitelya naprotsessy obrazovaniya silikatov kal'tsiya [Influence of finely dispersed filler on the processes of calcium silicate formation] //Bulletin of MGSU. – 2016. – Vol. 12. – No. 103. – P. 446-451. [in Russian].
3. Voronov V.V., Glagolev Ye.S. Osobennosti gidratatsii i tverdeniya polimineral'nykh kompozitsionnykh vyazhushchikh dlya penobetonov [Features of hydration and hardening of polymineral composite binders for foam concrete] // Bulletin SibADI. – 2020. – Vol. 16. – No. 3. – P. 324-333. [in Russian].
4. Lesovik V.S. et al. Increasing efficiency of composite thermal insulationfoam concretes [Tekst] //Advances in Engineering Research. – 2017. – Vol. 133. – P 414-419
5. Shoyeva T.Ye., Bayev V.S., Kaminskiy YU.D. Melkozernistyy beton na osnove MAVS iz prirodnogo i tekhnogennogo syr'ya Tyvy [Fine-grained concrete based on MAVS from natural and technogenic raw materials of Tuva] //Stroitel'nyye materialy [Construction materials]. – 2011. – No. 9. – P. 36-38. [in Russian].
6. Tkach Ye.V., Temirkanov R.I., Tkach S.A. Kompleksnoye issledovaniye modifitsirovannogo betona na osnove aktivirovannogo mikrokremnezema sovmestno s mikroarmirushchimvoloknom dlya povysheniya ekspluatatsionnykh kharakteristik [Comprehensive study of modified concrete based on activated microsilica together with micro-reinforcing fiber to improve performance characteristics] //Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources engineering. – 2021. – Vol. 332. – No. 5. – P. 215-226. [in Russian].

МРНТИ 67.21.17

К.А. Абдрахманова[1] – *основной автор*, ©
Н.Н. Сатан[2], Н.Т. Алибекова[3],
А.К. Тлеубаева[4], Д.Ж. Артыкбаев[5]

[1]PhD, и.о. доцента, [2]Магистрант, [3]PhD, доцент,
[4]Канд. техн. наук, ст. преподаватель, [5]PhD, ст. преподаватель

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-7218-4502 [2]https://orcid.org/0009-0002-7713-6726
[3]https://orcid.org/0000-0002-3927-0644 [4]https://orcid.org/0000-0002-6741-780X
[5]https://orcid.org/0000-0003-4794-8707

[1,2]Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан
[3,4]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[5]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

@ *[3]nt_alibekova@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UEKT1776

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ ГРУНТОВ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. АСТАНЫ

Аннотация. В статье рассмотрена практика применений методов статических и динамических зондирований грунтов при инженерно-геологических изысканиях на территории г. Астаны. В результате анализа и обработки статических и динамических зондирований грунтов с помощью современных программных средств выявлены корреляционные зависимости между основными показателями статического и динамического зондирований. Приведены рекомендации по определению несущей способности забивных свай и механических характеристик глинистых грунтов г. Астаны по результатам динамического зондирования грунтов.

Ключевые слова: статическое зондирование, динамическое зондирование грунта, инженерно-геологические условия, инженерно-геологические изыскания.

Абдрахманова, К.А. Опыт применения статических и динамических зондирований грунтов в инженерно-геологических условиях г. Астаны [Текст] / К.А. Абдрахманова, Н.Н. Сатан, Н.Т. Алибекова, А.К. Тлеубаева, Д.Ж. Артыкбаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.238-245. https://doi.org/10.55956/UEKT1776

Введение. Строительство в сложных инженерно-геологических условиях в кратчайшие сроки, повышение качества и надежности инженерно-геологических изысканий является важной проблемой. Одним из перспективных направлений по решению этих задач является метод статического зондирования грунтов, который широко используется в Астане. В мировой практике это самый распространенный вид полевых испытаний грунтов. Метод потенциально пригоден для высокоточной оценки физико-

механических свойств грунтов в массиве и надежного комплексного инженерно-геологического анализа.

Геотехнической особенностью города Астаны, расположенной в пойме р. Есиль, является наличие аллювиальных образований мощностью 2÷14 м, верхняя часть которых представлена суглинками и супесью различной консистенции, мощностью 1,5÷5 м от дневной поверхности, под подошвой которых залегают песчаные грунты по гранулометрическому составу различной крупности до гравийных грунтов, у подошвы которых, встречается галечниковый грунт фракцией до 8÷10 см с линзами и прослоями глинистого грунта. Данные образования развиты почти повсеместно.

Однако, при применении статического зондирования в аллювиальных образованиях Астаны возникают проблемы как с проведением испытаний (из-за наличия крупных включений), так и с интерпретацией, с точки зрения возможности назначения физико-механических свойств, так как при внедрении зонда в песчаные грунты, лобовое сопротивление конуса зонда достигает предельно допустимых значений, либо не хватает вдавливающих усилий зондирующей установки, вследствие чего опыт прекращается. Однако, под незначительной толщей «чистого и плотного» песчаного грунта скрыт грунт, содержащий линзы и прослои глинистого грунта со значительно худшими прочностными и деформационными характеристиками. Кроме того, необходимо отметить, что в процессе бурения инженерно-геологических скважин, описанный выше песчаный грунт выявляется достаточно сложно, для этого требуется непрерывный отбор образцов ненарушенной структуры, что в песчаных грунтах выполнить затруднительно [1].

Условия и методы исследований. Действующие нормативы предписывают проведение зондирования вне зависимости от грунтовых условий площадки изысканий по ГОСТ 19912-2012 для оценки возможной глубины погружения свай и их несущей способности, а также определения физико-механических, прочностных и деформационных характеристик исследуемых грунтов. Вместе с тем в грунтах, содержащих крупнообломочные включения более 25% по массе, при исследованиях значительных толщ песчаных грунтов статическое зондирование затруднительно, а динамическое зондирование следует считать весьма эффективным. Однако, для определения несущей способности забивных свай, в действующих нормативах приводятся рекомендации только для статического зондирования. Динамическое зондирование в глинистых грунтах применяется только для косвенного определения возможной глубины погружения забивных свай и уточнения литологического разреза (напластования грунтов), а в песчаных грунтах – также для оценки физико-механических, прочностных и деформационных характеристик [2].

При детальном изучении отраслевой литературы авторами была найдена информация о наличии взаимосвязи между показателями статического зондирования грунтов и числом ударов в залоге для динамического зондирования [3-5]. Для выявления зависимости между статическими и динамическими зондированиями были выполнены параллельно статическое и динамическое зондирования на расстоянии 1 м друг от друга на 15 экспериментальных площадках в г. Астане.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных испытаний для каждого вида (песчаного и глинистого) грунта были выделены данные статического и динамического зондирований в программном комплексе MS Excel, на основании которых были построены

диаграммы соотношений сопротивлений грунта под конусом зонда q_c и по муфте трения f_s с динамическим сопротивлением грунта p_d. На диаграммах по полученным множественным точкам производилась аппроксимация экспериментальных данных (построение линии тренда), приведены соответствующие соотношения, а также величина достоверности аппроксимации R^2 (Рис. 1-4).

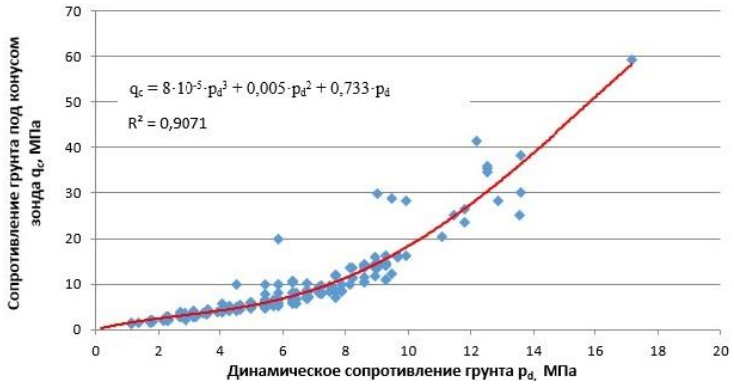


Рис. 1. Соотношение между сопротивлением грунта под конусом зонда q_c и динамическим сопротивлением грунта p_d – для песчаных грунтов

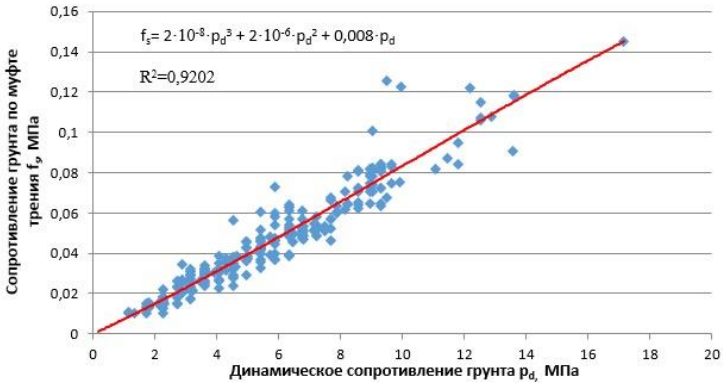


Рис. 2. Соотношение между сопротивлением грунта по муфте трения f_s и динамическим сопротивлением грунта p_d – для песчаных грунтов

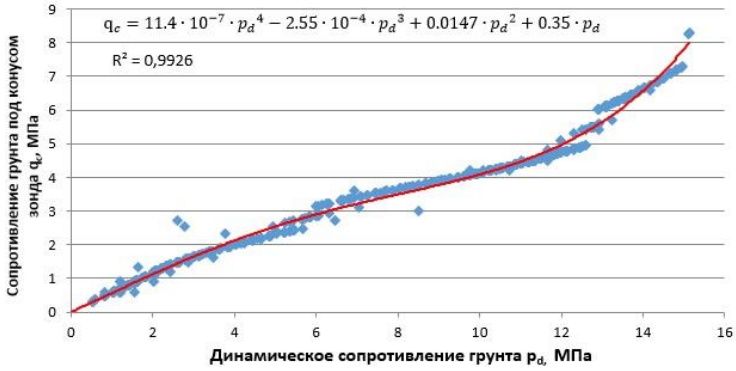


Рис. 3. Соотношение между сопротивлением грунта под конусом зонда q_c и динамическим сопротивлением грунта p_d – для глинистых грунтов

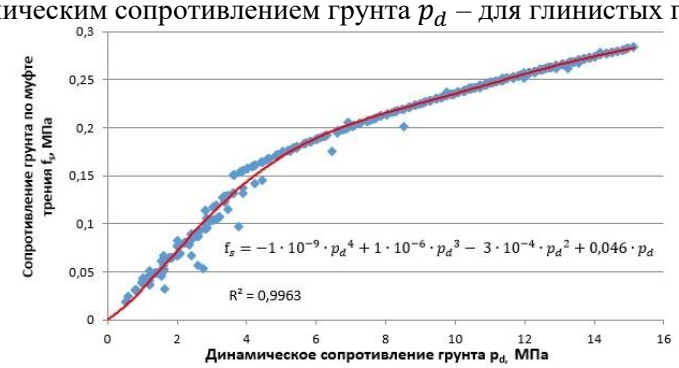


Рис. 4. Соотношение между сопротивлением грунта по муфте трения f_s и динамическим сопротивлением грунта p_d – для глинистых грунтов

А для определения несущей способности забивных свай по данным динамического зондирования было выполнено сопоставление предельного сопротивления грунта под острием сваи R и по ее боковой поверхности f с динамическим сопротивлением грунта p_d в примерно одинаковых грунтовых условиях. По результатам сопоставления на диаграммах были найдены множество точек, числовые значения которых были также аппроксимированы (полиномиальная аппроксимация в 3-й степени) в программном комплексе MS Excel, приведены соответствующие соотношения, а также величины достоверности аппроксимации R^2 (Рис. 5-8).

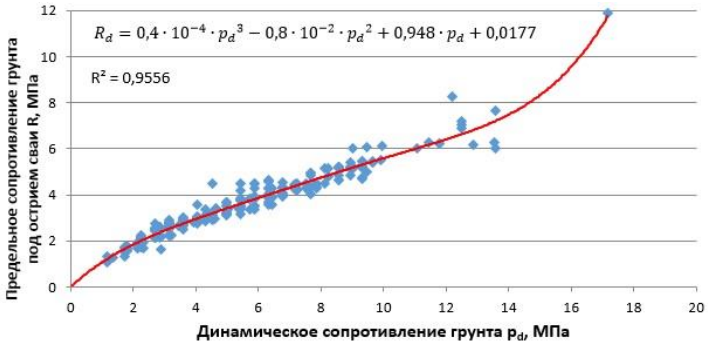


Рис. 5. Соотношение между предельным сопротивлением грунта под острием забивной сваи R и динамическим сопротивлением грунта p_d – для песчаных грунтов

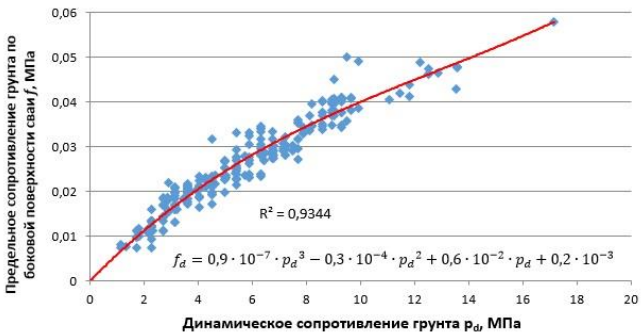


Рис. 6. Соотношение между предельным сопротивлением грунта по боковой поверхности забивной сваи f и динамическим сопротивлением грунта p_d – для песчаных грунтов

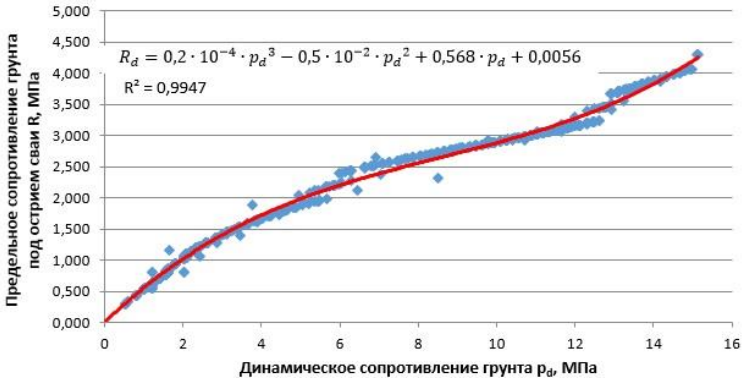


Рис. 7. Соотношение между предельным сопротивлением грунта под острием забивной сваи R и динамическим сопротивлением грунта p_d – для глинистых грунтов

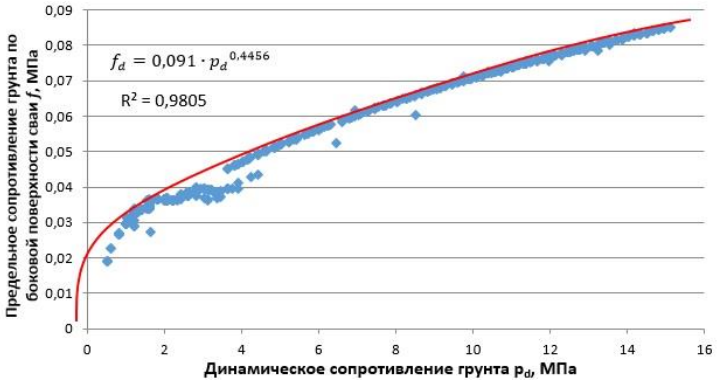


Рис. 8. Соотношение между предельным сопротивлением грунта по боковой поверхности забивной сваи f и динамическим сопротивлением грунта p_d – для глинистых грунтов

Используя найденные соотношения для определения сопротивления грунта под острием сваи R и по ее боковой поверхности f, частное значение предельного сопротивления забивной сваи в точке динамического зондирования F_u, следует определять по формуле:

$$Fu = Rd\,A + Fd, \text{кН} \quad (1)$$

где: Rd – предельное сопротивление грунта под острием сваи по данным динамического зондирования в рассматриваемой точке, кПа; Fd – значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи по данным динамического зондирования в рассматриваемой точке, кПа; A – площадь поперечного сечения сваи, м^2.

Для определения предельного сопротивления грунта под острием сваи Rd, необходимо использовать среднее значение динамического сопротивления грунта p_d, МПа, под наконечником зонда, полученное из

опыта, на участке, расположенном в пределах одного диаметра d выше и четырех диаметров ниже отметки острия проектируемой сваи (где d – диаметр круглого или сторона квадратного, или большая сторона прямоугольного сечения сваи, м) [6,7].

Значение предельного сопротивления грунта по боковой поверхности забивной сваи Fd по данным динамического зондирования грунта в рассматриваемой точке, следует определять по формуле:

$$F_d = \sum f_{di} \cdot h_i \cdot u, \text{ кПа}, \quad (2)$$

где: f_{di} – среднее значение сопротивление i-го слоя грунта по боковой поверхности забивной сваи f, в зависимости от вида грунта, кПа; h_i – толщина i-го слоя грунта, м; u – периметр поперечного сечения ствола сваи, м.

При определении значения предельного сопротивления грунта по боковой поверхности забивной сваи Fd, по формуле (2) обязательно должно соблюдаться условие $\Sigma h_i = h$, где h – глубина погружения рассматриваемой сваи от поверхности грунта сваи, м.

В результате найденных зависимостей и пересчета сопротивления под конусом зонда q_c в динамическое сопротивление грунта p_d определены механические характеристики глинистых грунтов г. Астаны (табл. 1).

Таблица 1

Нормативные значения механических характеристик глинистых грунтов г. Астаны

p_d, МПа	q_c, МПа	Нормативные значения модуля деформации Е, угла внутреннего трения φ и удельного сцепления С глинистых грунтов г. Астаны				
		Е, МПа	Суглинки		Глины	
			φ, град.	С, кПа	φ, град.	С, кПа
1,05	0,5	3,5	16	14	14	25
1,85	1	7	19	17	17	30
3,34	2	14	21	23	18	35
5,11	3	21	23	29	20	40
9,40	4	28	25	35	22	45
12,08	5	35	26	41	24	50
13,06	6	42	27	47	25	55

Заключение. Выполненные полевые испытания в виде статических и динамических зондирований позволили получить соотношения сопротивлений грунта под конусом зонда q_c и по муфте трения f_s с динамическим сопротивлением грунта p_d как для песчаных грунтов, так и для глинистых грунтов, а также определить несущую способность забивных свай и механические характеристики глинистых грунтов г. Астаны по результатам динамического зондирований грунтов.

Список литературы

1. Мариупольский, Л.Г. Исследование грунтов для проектирования и строительства свайных фундаментов [Текст] / Л.Г. Мариупольский. – М.: Стройиздат, 1989. – 199 с.

2. ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием [Текст]. – Введ. 2013-11-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
3. Трофименков, Ю.Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов [Текст]: учебное пособие, 3-е изд, перераб. и доп. / Ю.Г. Трофименков, Л.Н. Воробков. – М.: Стройиздат, 1981. – 215 с.
4. Алексеев, В.М. Полевые методы исследования механических свойств грунтов [Текст]: учеб. пособие / В.М. Алексеев, П.И. Калугин. – Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Воронеж, 2011 – 112 с.
5. Болдырев, Г.Г. Сравнение методов лабораторных и полевых испытаний грунтов [Текст] / Г.Г. Болдырев, А.В. Мельников, Е.В. Меркульев, Г.А. Новичков //Инженерные изыскания. – 2013. – №14. – С. 28-48.
6. СП РК 5.01-103-2013 Свайные фундаменты (с дополнениями от 18.03.2021 г.) [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – Астана: Комитет по делам строительства и ЖКХ Министерства промышленности и строительства РК, 2014. – 46 с.
7. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями [Текст]. – Введ. 2021-01-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 51 с.

Материал поступил в редакцию 13.11.24.

Қ.А. Абдрахманова[1], Н.Н. Сатан[1], Н.Т. Алибекова[2], А.К. Тлеубаева[2], Д.Ж. Артықбаев[3]

[1]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті Шымкент қ., Қазақстан

АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНДА ТОПЫРАҚТАРДЫҢ СТАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЗОНДТАУДЫ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ

Аңдатпа. Мақалада Астана қаласының аумағында инженерлік-геологиялық ізденістіру жұмыстарын жүргізу кезінде топырақты статикалық және динамикалық зондтау әдістерін қолдану тәжірибесі қарастырылған. Заманауи бағдарламаларды пайдалана отырып, статикалық және динамикалық топырақ зондтауларын талдау және өңдеу нәтижесінде статикалық және динамикалық зондтаулардың негізгі көрсеткіштері арасындағы корреляция анықталды. Топырақтардың динамикалық зондтау нәтижелері бойынша Астана қаласындағы сазды топырақтардың механикалық сипаттамаларын және қағылатын қадалардың көтергіштігін анықтау бойынша ұсыныстар берілген.

Тірек сөздер: статикалық зондтау, динамикалық топырақ зондтау, инженерлік-геологиялық жағдайлар, инженерлік-геологиялық ізденістер.

K.A. Abdrakhmanova[1], N.N. Satan[1], N.T. Alibekova[2], A.K. Tleubaeva[2], D.Zh. Artykbaev[3]

[1]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[3]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

EXPERIENCE OF USING CONE PENETRATION TEST AND DYNAMIC SOIL PROBING IN ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF ASTANA

Abstract. The article considers the practice of applying cone penetration test and dynamic soil probing methods in engineering and geological surveys in Astana. As a result of the analysis and processing of cone penetration test and dynamic soil probing using

modern software, correlation dependencies between the main indicators of cone penetration test and dynamic probing were identified. Recommendations are given for determining the bearing capacity of driven piles and mechanical characteristics of clay soils in Astana based on the results of dynamic soil probing.

Keywords: cone penetration test, dynamic probing, soil, engineering-geological conditions, engineering-geological surveys.

References

1. Mariupol'skiy L.G. Issledovaniye gruntov dlya proyektirovaniya i stroitel'stva svaynykh fundamentov [Soil study for design and construction of pile foundations]. – Moscow: Stroyizdat, 1989. – 199 p. [in Russian].
2. GOST 19912-2012 Grunty. Metody polevykh ispytaniy staticheskim i dinamicheskim zondirovaniyem [GOST 19912-2012 Soils. Field test methods: cone penetration test and dynamic probing]. – Introduced. 2013-11-01. – Moscow: Standartinform, 2013. – 24 p. [in Russian].
3. Trofimenkov YU.G., Vorobkov L.N. Polevyye metody issledovaniya stroitel'nykh svoystv gruntov [Field methods for studying the construction properties of soils]: textbook, 3rd ed., revised. and add. — Moscow: Stroyizdat, 1981. — 215 p. [in Russian].
4. Alekseyev B.M., Kalugin P.I. Polevyye metody issledovaniya mekhanicheskikh svoystv gruntov [Field methods for studying the mechanical properties of soils]: textbook. – Voronezh: Voronezh. state. arch.-civil. univ., 2011 - 112 p. [in Russian].
5. Boldyrev G.G., Mel'nikov A.V., Merkul'yev Ye.V., Novichkov G.A. Sravneniye metodov laboratornykh i polevykh ispytaniy gruntov [Comparison of methods of laboratory and field tests of soils] //Inzhenernyye izyskaniya [Engineering surveys]. – 2013. – No. 14. – P. 28-48. [in Russian].
6. SP RK 5.01-103-2013 Svaynyye fundamenty (s dopolneniyami ot 18.03.2021 g.) [Pile foundations (with additions from 03/18/2021)]. – Introduced. 2015-07-01. – Astana: Committee for Construction and Housing and Public Utilities of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan, 2014. – 46 p. [in Russian].
7. GOST 5686-2020 Grunty. Metody polevykh ispytaniy svayami [GOST 5686-2020 Soils. Field test methods by piles]. – Introduced. 2021-01-01. – Moscow: Standartinform, 2021. – 51 p. [in Russian].

ҒТАМР 61.31.31: 61.31.41

Х.Р. Садиева[1] – *негізгі автор*,
А.К. Қожахан[2], Э.И. Шукур оглы[3], Ш.Н. Кубекова[4], А.Н. Нурлыбаева[5], И.К. Әлімғалиев[6], Ж.М. Ныгметов[7]

[1]Техн. ғылым. канд., доцент, [2,4]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [3]Техн. ғылым. канд., профессор, [5]PhD, қауымдас. профессор, [5]Технолог, [6]Инженер

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-8925-8053 [2]https://orcid.org/0000-0001-9006-8997 [3]https://orcid.org/0000-0002-7690-9996 [4]https://orcid.org/0000-0001-8665-9970 [5]https://orcid.org/0000-0001-9904-9979*

[1,5]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]Азербайджан техникалық университеті, Баку қ., Азербайджан Республикасы
[4]Қ.И Сатпаев атындағы, Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
[6,7]«Атик» ЖШС, Атырау қ., Казахстан

@ *[1]xalipa71@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/HTHO6372

АЗОТТЫ-ФОСФОРЛЫ-КАЛИЙЛІ КЕШЕНДІ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ СИНТЕЗДЕП АЛУ

Аңдатпа. Топырақтың химиялық құрамын зерттегенде әр аймақта әртүрлі болатыны белгілі. Сондықтан әр аймақтың топырағында өсімдіктерге жетіспейтін химиялық элементтерден күрделі аралас тыңайтқыштар дайындап, топырақты құнарландыру қажет. Ғылыми мақалада азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу және олардың химиялық құрамын зерттеу жұмысы баяндалған.

Тірек сөздер: кешенді минералды тыңайтқыштар, азотты-фосфорлы калийлі, азотты-фосфорлы-күкіртті, кешенді тыңайтқыштар.

Садиева, Х.Р. Азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу [Мәтін] / Х.Р. Садиева, А.К. Қожахан, Э.И. Шукур оглы, Ш.Н. Кубекова, А.Н. Нурлыбаева, И.К. Әлімғалиев, Ж.М. Ныгметов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.246-252. https://doi.org/10.55956/HTHO6372

Кіріспе. Өсімдіктердің өсіп жетілуіне қажетті элементтерден жасалған қоспалы кешенді тыңайтқыштар топырақты құнарландырады. Азотты тыңайтқыштар өсімдіктің өсуіне әсер етсе, фосфорлы тыңайтқыштар биологиялық синтезге қатысады, ал калийлі тыңайтқыштар тұз-су алмасу жүйесіне әсер етеді. Сондықтан азотты-фосфорлы-калийлі кешенді тыңайтқыштарды синтездеп алу және химиялық құрамын зерттеп, ұлттық стандарт бойынша кешенді тыңайтқыш дайындау өзекті мәселе болып отыр.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Күрделі кешенді тыңайтқыштарға ұлттық стандарт бойынша химиялық сараптама жүргізу. NPK

тыңайтқыштарын алуға қолдану үшін рецептура жасау. Дайын өнімге химиялық сараптама жасау.

Зерттеуге алынған өнімдер: аммофос (моноаммофос, диаммофос), амииакты селитра, калий хлориді.

Химиялық және физика-химиялық әдістер: титриметрлік, фотоколориметриялық, вольтамперометриялық әдістер, гравиметриялық әдіс: көлемдік, салмақ әдістері, Ph-метрлік, буферлі ерітінділер арқылы.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Азотты-фосфорлы-калийлі (NPK) кешенді тыңайтқыштары дайындалды, олардың құрамынан жалпы фосфорды, жалпы азотты, калийді химиялық әдістер арқылы анықталды.

Минералдық тыңайтқыштар құрамындағы қоректік элементтердің рөлі мен мәнін қараған кезде олардың тек фауна үшін ғана емес, сонымен қатар адамды қоса алғанда, бүкіл биосфераның тіршілік әрекетін қамтамасыз ету үшін зор маңызын атап өту қажет. Мысалы, өмір сүру ұзақтығы 65 жыл болғанда адам шамамен 36 кг фосфор, 79 кг калий және 381 кг азот алуы тиіс [1]. Тыңайтқыштарды енгізу өнімді арттырып қана қоймай, оның сапасын да жақсартады: дәндегі белоктың, қызылшадағы, жүзімдегі қанттың құрамы артады, зығыр, мақта талшықтарының беріктігі артады, аяз бен құрғақшылыққа төзімділік артады. Осының бәрі минералдық тыңайтқыштар нарығының қарқынды дамуын айқындады. Соңғы бес жылда әлемдік тыңайтқыштарды тұтыну 13,7%-ға артты [2].

Кешенді тыңайтқыштар – құрамында кемінде екі қоректендіру элементі кіретін тыңайтқыштар болып табылады. Климатына және топырақтың түріне байланысты негізгі себу кезеңіне вегетациялық кезең ішінде әртүрлі қосымша қоректендіру ретінде қолданылады. Өндіріс тәсілі бойынша кешенді тыңайтқыштар күрделі, күрделі-аралас және аралас болып бөлінеді. Кешенді тыңайтқыштар құрамында екі, үш және одан да көп қоректендіру элементтері бар: азот, фосфор, калий, магний, күкірт және әртүрлі микроэлементтер. Қос (фосфорлы-калийлі P + K, азотты-фосфорлы N + P, азотты-калийлі N + K) және үштік тыңайтқыштар (азотты-фосфорлы-калийлі N + P + K) болады.

Негізгі қоректендіру элементтерінің қатынасы (NPK) $N:P_2O_5:K_2O$ массалық қатынасымен сипатталады (мысалы, 1:1,5:0,5). Бұл ретте азот бірлік ретінде қабылданады.

Күрделі тыңайтқыштар. Күрделі тыңайтқыштардағы қоректік заттардың құрамы әсер ететін элементтердің құрамы бойынша пайызбен де көрсетілуі мүмкін (15:17:8). Бұл шамалардың қосындысы тыңайтқыштың әсер ететін затының жалпы шамасын құрайды [3]. Күрделі тыңайтқыштар бастапқы компоненттердің химиялық өзара іс-қимылы кезінде бірыңғай технологиялық цикл ішінде өндіріледі. Күрделі тыңайтқыштың әрбір молекуласында немесе түйіршігінде екі немесе одан да көп қоректік элементтер бар [1,2].

Күрделі тыңайтқыштардың артықшылықтары. Күрделі тыңайтқыштар көп жағдайда бір құрамдылардан әлдеқайда тиімді екені жалпыға танылған. Бұған күрделі кешенді тыңайтқыштардың мынадай қасиеттері ықпал етеді:

– натрий, хлор және басқалары сияқты балласт компоненттерінің бір мезгілде аз болуы (жиірек толық болмауы) кезінде қоректік элементтердің жоғары шоғырлануы;

– қатты тыңайтқыштың бір түйіршігінде бірден бірнеше қоректік элементтердің болуы;

– құрғақ жағдайларда және тыңайту кезінде топырақ ерітіндісінің осмотикалық қысымын арттыруға сезімтал дақылдарды қолдану мүмкіндігі;

– тыңайтқыштарды тасымалдау, сақтау және енгізу бойынша шығындарды азайту [4,5].

Күрделі тыңайтқыштардың ассортименті әртүрлі. Бұл топырақ-климаттық аймақтардың әрқайсысында ауыл шаруашылығы дақылдары үшін азоттың, фосфор мен калийдің әртүрлі арақатынасын қолдану қажеттілігіне негізделген.

Кешенді тыңайтқыштарды қоспа арқылы араластыру жолымен алу тәсілдері талап етілетін арақатынаста алынған бір немесе екі тыңайтқыштарды механикалық араластырудан тұрады. Аралас тыңайтқыштар алу үшін қарапайым және қос суперфосфаттар, фосфориттер, нитрат, сульфат және аммоний фосфаттары, нитрофосфаттар, карбамид, калий тұздары пайдаланылады.

NPK 15:15:15 кешенді тыңайтқышын араластыру арқылы алу.

Керекті қоспалар және қажетті мөлшері:

– Аммиачная селитра (аммиакты селитра) – NH_4NO_3 – 5,6 г;
– Аммофос – $NH_4H_2PO_4$ – 5,0 г;
– Калий хлориді – KCl – 3.8 г.

Осы қоспаларды осы мөлшермен қосып, сумен араластырып сулы баняда дайын өнімге дейін кептіріледі.

Қоспаларды араластыру арқылы алынған күрделі тыңайтқыштардағы жалпы фосфаттарды анықтау МЕМСТ (ГОСТ) 18918-85 бойынша жүргізілді.

Талдау жүргізу, дайын болған тыңайтқыш қоспасына химиялық анализ жасау. 1 г аммофос өлшенеді (нәтиже төртінші ондыққа дейін граммен жазылады), сыйымдылығы 250 $см^3$ өлшеуіш колбаға салынады, 30 $см^3$ тұз қышқылы құйылады және 30 минут қайнатылады. Салқындағаннан кейін, ерітінді белгіге дейін жеткізіліп, тығынмен жабылады. Содан кейін араластырылады, «ақ лента» қағаз сүзгісі арқылы сүзіліп, сүзгінің алғашқы екі порциясы тасталады. Сыйымдылығы 100 $см^3$ өлшеуіш колбаға 5 $см^3$ сүзгі аликвота алынады. Колбаның қабырғалары сумен жуылады және цилиндрдің көмегімен фосфаттарға арналған реактив құйылады. Нөлдік проба ретінде 0,2 мг/$см^3$ жұмыс ерітіндісі алынады.

Қоспаларды араластыру арқылы алынған күрделі тыңайтқыштардағы жалпы азотты анықтау МЕМСТ (ГОСТ) 18918-85 бойынша жүргізілді, калийді химиялық әдістермен анықталды.

Талдау жүргізу: 1 г аммофос өлшенеді (нәтиже төртінші ондыққа дейін граммен жазылады), сыйымдылығы 250 $см^3$ өлшеуіш колбаға салынады, 10 $см^3$ тұз қышқылы құйылады және 5 минут қайнатылады. Салқындағаннан кейін, ерітінді белгіге дейін жеткізіліп, тығынмен жабылады. Содан кейін араластырылады, «ақ лента» қағаз сүзгісі арқылы сүзіліп, сүзгінің алғашқы екі порциясы тасталады. Сыйымдылығы 250 $см^3$конусты колбаға 10 $см^3$ сүзгі аликвота алынады. Бір уақытта нөлдік ерітінді су дайындалады. 2 тамшы метилоранж индикаторы қосылады, сары түс болғанға дейін NaOH 1 моль/$дм^3$ ерітіндісімен нейтрализдейді. 10 $см^3$ фосфатты-буферлі реактив қосады, 5 $см^3$ 8% хлорамин ерітіндісін құяды және 15 минут тыныштыққа қояды. Содан соң 3 $см^3$ 15% калийй иод ерітіндісін, 10 $см^3$ (1:6) H_2SO_4 ерітінділерін қосады. 5 минут қараңғы жерге қойып, тиосульфат ерітіндісімен титрлейді.

NPK кешенді тыңайтқышының үлесін анықтау.

1. Жалпы фосфаттарды анықтау: Н-1-250-2-0,260-3.07=14,51%
2. Жалпы азотты анықтау: Н-1-250-10-(20,9-9,05)=13,04%
3. Калийді анықтау: Н-2-250-(398;394;392;399)=14,07%

Бастапқы берілген қоспалардың концентрациясы N:P:K – (15:15:15)% қатынаста болса, тәжірибе жүзінде шыққан қатынастар саны N:P:K – (13,04:14,51:14,07)% көрсетіп отыр. Оның себебі аммофос өнімінде жоғарғы сорт марка Б құрамындағы табиғи қоспалардың болуы, оның ішінде микроэлементтердің (алюминий, темір, магний, кальций оксидтері мен фосфаттарының және сирек жер элементтерінің аз көлемдегі қоспа пайыздарының қосынды концентрациясының), болуы төменде көрсетілген NEX CGII Rigau компаниясының рентгентфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілген сараптама қорытындысынан көрініп тұр.

Сонымен қатар, калий хлориді – 99,8% (NPK) жасауға арналған, оның ішінде 0,2% микроэлементтердің болуы әсер етеді.

Дайындалған (NPK) өнімі СТ РК «Азотты-фосфорлы-калий» тыңайтқышы «Техникалық жағдайдағы» (NPK – удобрение). Технические условия» негізінде 1-2% пайыздық коэффициент корреляция көрсеткішіне сәйкес келеді. Жасалған химиялық сараптаманы қорытындылай келе, сынаманы NEX CGII Rigau компаниясының рентгентфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілді (Алматы қ.), сараптама қорытындысы төмендегі кестеде келтірілген.

Кесте 1

N:P:K – (15:15:15) концентрациясындағы кешенді тыңайтқыштың рентгентфлуоресценциялық спектроскопия аппаратында түсірілген қорытынды нәтижесі

№	Компонент	Нәтиже	Бірлігі	Стат. қателігі	LLD	LLQ	Элемент сызығы	Қарқындылық (cps/mA)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	MgO	ND	mass%	0.739	2.82	8.45	RX9:Mg-Kα	0.000
2	Al2O3	ND	mass%	0.0632	0.188	0.564	RX9:Al-Kα	0.000
3	SiO2	1.20	mass%	0.0204	0.0473	0.142	RX9:Si-Kα	102.729
4	P2O5	29.6	mass%	0.0297	0.0149	0.0446	RX9:P-Kα	11804.956
5	Cl	23.9	mass%	0.0109	0.0010	0.0029	RX9:Cl-Kα	74528.992
6	K2O	39.8	mass%	0.0256	0.0028	0.0084	Cu:K-Kα	19680.061
7	CaO	1.42	mass%	0.0097	0.0223	0.0668	Cu:Ca-Kα	672.234
8	TiO2	0.0184	mass%	0.0007	0.0013	0.0040	Cu:Ti-Kα	19.344
9	V2O5	0.0063	mass%	0.0004	0.0010	0.0029	Cu:V-Kα	9.608
10	Cr2O3	0.0110	mass%	0.0003	0.0005	0.0015	Cu:Cr-Kα	31.040
11	MnO	0.114	mass%	0.0012	0.0011	0.0032	Mo:Mn-Kα	132.306
12	Fe2O3	1.36	mass%	0.0034	0.0007	0.0020	Mo:Fe-Kα	2239.312
13	Co2O3	0.0067	mass%	0.0006	0.0016	0.0049	Mo:Co-Kα	16.335
14	NiO	0.0108	mass%	0.0002	0.0003	0.0009	Mo:Ni-Kα	42.001
15	CuO	0.0042	mass%	0.0001	0.0003	0.0008	Mo:Cu-Kα	22.311
16	ZnO	0.0115	mass%	0.0002	0.0001	0.0004	Mo:Zn-Kα	86.358
17	Ga2O3	(0.0004)	mass%	<0.0001	0.0002	0.0006	Mo:Ga-Kα	3.716
18	GeO2	ND	mass%					
19	As2O3	0.0046	mass%	<0.0001	0.0001	0.0004	Mo:As-Kα	67.205
20	SeO2	ND	mass%					
21	Br	0.0518	mass%	0.0002	<0.0001	0.0001	Mo:Br-Kα	1437.933
22	Rb2O	0.0027	mass%	<0.0001	0.0002	0.0005	Mo:Rb-Kα	86.148

1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	SrO	0.0111	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0002	Mo:Sr-Kα	368.721
24	Y2O3	0.0083	mass%	<0.0001	0.0001	0.0004	Mo:Y-Kα	294.517
25	Nb2O5	ND	mass%					
26	MoO3	ND	mass%					
27	RuO2	ND	mass%					
28	Rh2O3	ND	mass%					
29	PdO	ND	mass%					
30	Ag2O	0.0027	mass%	0.0001	0.0002	0.0005	Al:Ag-Kα	3.587
31	CdO	ND	mass%					
32	In2O3	ND	mass%					
33	SnO2	0.0290	mass%	0.0005	0.0005	0.0014	Al:Sn-Kα	33.587
34	Sb2O3	0.0038	mass%	0.0003	0.0006	0.0017	Al:Sb-Kα	4.783
35	TeO2	0.0137	mass%	0.0004	0.0009	0.0026	Al:Te-Kα	15.249
36	I	ND	mass%					
37	Cs2O	ND	mass%					
38	BaO	ND	mass%					
39	La2O3	ND	mass%					
40	CeO2	ND	mass%					
41	Pr6O11	ND	mass%					
42	Nd2O3	ND	mass%					
43	HfO2	0.0192	mass%	0.0004	0.0006	0.0018	Mo:Hf-Lα	41.555
44	Ta2O5	ND	mass%					
45	WO3	(0.0011)	mass%	0.0002	0.0006	0.0018	Mo:W-Lα	2.858
46	Ir2O3	(0.0005)	mass%	0.0002	0.0005	0.0014	Mo:Ir-Lα	2.217
47	HgO	ND	mass%					
48	Tl2O3	ND	mass%					
49	PbO	0.0015	mass%	0.0001	0.0004	0.0011	Mo:Pb-Lα	14.036
50	Bi2O3	ND	mass%					
51	ThO2	ND	mass%					
52	U3O8	ND	mass%					
53	Au	ND	mass%					
54	Na2O	ND	mass%					
55	Sc2O3	ND	mass%	0.0014	0.0044	0.0131	Cu:Sc-Kα	0.001
56	ZrO2	0.612	mass%	0.0024	0.0004	0.0012	Al:Zr-Kα	432.801
57	ReO2	ND	mass%					
58	Pm2O3	ND	mass%					
59	Sm2O3	ND	mass%					
60	Eu2O3	(0.0115)	mass%	0.0024	0.0073	0.0218	Mo:Eu-Lα	5.985
61	Gd2O3	ND	mass%					
62	Tb4O7	ND	mass%					
63	Dy2O3	ND	mass%	0.0030	0.0091	0.0272	Cu:Dy-Lα	0.003
64	Ho2O3	ND	mass%					
65	Er2O3	ND	mass%	0.0057	0.0171	0.0514	Cu:Er-Lα	0.559
66	Tm2O3	ND	mass%	0.0010	0.0030	0.0090	Mo:Tm-Lα	0.436
67	Yb2O3	(0.0038)	mass%	0.0005	0.0013	0.0040	Mo:Yb-Lα	6.302
68	Lu2O3	ND	mass%					
69	Po	ND	mass%					
70	Pt	(0.0006)	mass%	0.0001	0.0003	0.0009	Mo:Pt-Lα	3.151
71	OsO4	(0.0018)	mass%	0.0002	0.0006	0.0019	Mo:Os-Lα	5.465
72	Tc	ND	mass%					
73	S	1.69	mass%	0.0038	0.0029	0.0087	RX9:S-Kα	2693.492

Қорытынды. Бұл жұмыста инновациялық NPK тыңайтқыш қоспасын жасауға негіз болды. NPK тыңайтқыштарын өндірудің дәстүрлі әдістері әдетте бейтарап ортаға аммонизацияланатын экстракциялық фосфор қышқылы және күкірт қышқылы сияқты сұйық химиялық заттарды қолдануды қамтиды. Бұл жұмыс калий хлориді, аммоний нитраты, күкірт және аммофос сияқты құрғақ тыңайтқыштарды қолдануды қамтитын балама тәсілді ұсынады.

Тыңайтқыш қоспасын жасау процессі аталған компоненттерді қосып, оларды біртекті масса алынғанша сумен араластырылып дайындалды. Нәтижелер алынған қоспаның тыңайтқыш ретінде тиімділігін растайтын қанағаттанарлық агрохимиялық сипаттамаларын көрсетті. Жүргізілген сынақтар ұсынылған тук қоспасы өсімдіктерге қажетті қоректік элементтерді қамтамасыз ететінін және олардың толық өсуі мен дамуына ықпал ететінін көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Бабкин, В.В. Фосфорные удобрения России [Текст] / В.В. Бабкин, А.А. Бродский. – М.: ТОО «Агрохимпринт», 2012. – 464 с.
2. Maartensdijk S.A. Direct production of granulated superphosphates and PKcompounds from sulphuric acid, phosphoric acid, rock phosphate and potash //Proceedings of the I.S.M.A. technical conference. – Netherlands: Hague, 2006. – P. 200-214.
3. Кувшинников, И.М. Минеральные удобрения и соли: свойства и способы их получения [Текст] / И.М. Кувшинников. – М.: Химия, 2017. – 256 с.
4. Андриянова Е.А. Зависимость слеживаемости минеральных удобрений от условий хранения [Текст] / Е.А. Андриянова, В.В. Соколов, А.Б. Грибков, И.А. Петропавловский //Материалы международной научно-практического семинара «Роль аналитических служб в обеспечении качества минеральных удобрений и серной кислоты». – М.: НИУИФ, 2015. – С. 87.
5. Бродский А.А. Получение кормовых фосфатов кальция с использованием барабанного гранулятора-сушилки [Текст] / А.А. Бродский, В.И. Родин, Б.В. Левин //Химическая промышленность сегодня. – 2005. – № 7. – С. 19-22.

Материал редакцияға 27.06.24 түсті.

Х.Р. Садиева[1], А.К. Кожахан[2], Э.И. Шукур оглы[3], Ш.Н. Кубекова[4], А.Н. Нурлыбаева[1], И.К. Алимгалиев[5], Ж.М. Ныгметов[5]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
[3]Азербайджанский технический университет, г. Баку, Республика Азербайджан
[4]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан
[5]ТОО «Атик», г. Атырау, Казахстан

СИНТЕЗ АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЕВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. При исследовании химического состава почвы известно, что в каждом регионе он различен. Поэтому необходимо готовить комплексные смешанные удобрения из тех химических элементов, которых растениям не хватает в почве каждого региона, и удобрять почву. Научная статья посвящена синтезу азотно-фосфорно-калийных комплексных удобрений и исследованию их химического состава.

Ключевые слова: комплексные минеральные удобрения, азотно-фосфорно-калийные, азотно-фосфорно-серные, комплексные удобрения.

Kh.R. Sadiyeva[1], A.K. Kozhakhan[2], E.I. Shukur ogly[3], Sh.N. Kubekova[4], A.N. Nurlybayeva[1], I.K. Alimgaliyev[5], Zh.M. Nigmetov[5]

[1]M.Kh.Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[3]Azerbaijan Technical University, Baku, Republic of Azerbaijan
[4]Kazakh National Research Technical University named after Kanysh Satpayev, Almaty, Kazakhstan
[5]"Atik" LLP, Atyrau, Kazakhstan

SYNTHESIS OF NITROGEN-PHOSPHORUS-POTASSIUM COMPLEX FERTILIZERS

Abstract. When studying the chemical composition of the soil, it is known that it is different in each region. Therefore, it is necessary to prepare complex mixed fertilizers from those chemical elements that plants lack in the soil of each region, and fertilize the soil. The scientific article is devoted to the synthesis of nitrogen-phosphorus-potassium complex fertilizers and the study of their chemical composition.

Keywords: complex mineral fertilizers, nitrogen-phosphorus-potassium, nitrogen-phosphorus-sulfur, complex fertilizers.

References

1. Babkin, V.V., Brodskiy, A.A. Fosfornyye udobreniya Rossii [Phosphorus fertilizers of Russia]. – Moscow: "Agrokhimprint" LLP, 2012. – 464 p. [in Russian].
2. Maartensdijk S.A. Direct production of granulated superphosphates and PKcompounds from sulphuric acid, phosphoric acid, rock phosphate and potash //Proceedings of the I.S.M.A. technical conference. – Netherlands: Hague, 2006. – P. 200-214.
3. Kuvshinnikov, I.M. Mineral'nyye udobreniya i soli: svoystva i sposoby ikh polucheniya [Mineral fertilizers and salts: properties and methods of their production]. – Moscow: Chemistry, 2017. – 256 p. [in Russian].
4. Andriyanova Ye.A., Sokolov V.V., Gribkov A.B., Petropavlovskiy I.A. Zavisimost' slezhivayemosti mineral'nykh udobreniy ot usloviy khraneniya [Dependence of mineral fertilizer caking on storage conditions] // Proceedings of the international scientific and practical seminar "Rol' analiticheskikh sluzhb v obespechenii kachestva mineral'nykh udobreniy i sernoy kisloty" ["The role of analytical services in ensuring the quality of mineral fertilizers and sulfuric acid"]. – Moscow: NIUIF, 2015. – P. 87. [in Russian].
5. Brodskiy A.A., Rodin V.I., Levin B.V. Polucheniye kormovykh fosfatov kal'tsiya s ispol'zovaniyem barabannogo granulyatora-sushilki [Obtaining feed calcium phosphates using a drum granulator-dryer] //Khimicheskaya promyshlennost' segodnya [Chemical industry today]. – 2005. – No. 7. – P. 19-22. [in Russian].

IRSTI 65.29.03

A.A. Bolysbek[1] – *main author*, ©
A. Azimov[2], G.M. Iztleuov[3], Sh.D. Shirinov[4], R.Zh. Omirova[5]

[1]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, [2]Phd,
[3]Candidate of Chemical Sciences, Professor,
[4]Doctor of Technical Sciences, Professor, [6]Senior Lecturer

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-8708-2608 [2]https://orcid.org/0000-0002-1316-5854*
[3]https://orcid.org/0000-0002-5722-342X [4]https://orcid.org/0000-0002-3592-9763
[5]https://orcid.org/0000-0002-3080-227X

[1,2,3,5]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[4]Tashkent Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

@ *[3]gani5@mail.ru [2]azimov-78@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XZZA8332

THERMODYNAMIC AND KINETIC PARAMETERS OF THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING COMPLEX MINERAL FERTILIZERS WITH AGROCHEMICAL PROPERTIES USING HYDROGEL

Abstract. This work is devoted in detail to elucidating the thermodynamic and kinetic considerations for the production of mineral fertilizers with a hydrogel consisting of hydrolyzed polyacrylonitrile (HIPAN) in the presence of a cross-linking agent – the product of the reaction of epichlorohydrin with a 33% aqueous ammonia solution (ECHA). Traditional qualitative analysis of individual factors based on kinetic and thermodynamic parameters does not sufficiently reveal the mechanism underlying the absorption of nutrients by hydrogel during the development of mineral fertilizers and the subsequent transfer of these nutrients and moisture into the soil. This study aimed to determine the influence of temperature, humidity and their interaction on kinetic and thermodynamic parameters, which revealed the key control mechanism underlying hydrogel nutrient uptake in mineral fertilizer development, modified the traditional Arrhenius model, and established a quantitative prediction model for cumulative nutrient uptake substances. Field experiments were carried out at different temperatures (T) (15°C, 20°C, 25°C and 35°C) and moisture content (θ) (60%, 80% and 100% of field capacity). The results showed that the influence of individual factors and their interaction on the values of reaction rate (KN), activation free energy (ΔG) and activation entropy (ΔS) followed the descending order T>θ>T·θ, while the enthalpy of activation (ΔH) and the degree of activation (logN) followed the descending order θ>T>T·θ. Results indicated an endothermic nutrient uptake reaction controlled by enthalpy, with a new model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) proving more accurate than traditional models, improving the accuracy of nutrient uptake prediction.

Keywords: mineral fertilizers, hydrogel, development of mineral fertilizers, kinetic parameters, thermodynamic parameters, soil moisture, soil fertilization, agriculture.

Bolysbek A.A., Azimov A., Iztleuov G.M., Shirinov Sh.D., Omirova R.Zh. Thermodynamic and kinetic parameters of the development of technology for producing complex mineral fertilizers with agrochemical properties using hydrogel //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.253-268. https://doi.org/10.55956/XZZA8332

Introduction. Fertilizer is one of the vital input materials for crop production. The fertilizer industry faces a major challenge in improving its products to improve fertilizer efficiency and minimize potential negative impacts on the environment. Using slow-release fertilizers, such as hydrogel mineral fertilizers, can help overcome the shortcomings of conventional fertilizers. Slow-release mineral fertilizers are designed to gradually release nutrients to plants at a rate that matches the plant's nutrient requirements while reducing the potential for nutrient loss [1-3]. Other advantages of hydrogel slow-release fertilizers over conventional fertilizers include reduced application frequency, minimizing the potential negative effects associated with overdosing. These types of fertilizers can be produced by coating conventional granular fertilizers with a membrane that serves as a diffusion barrier [3-5].

Hydrogels are cross-linked hydrophilic polymers that can absorb large amounts of water, fertilizers or other liquids. A hydrogel is an extremely voluminous hydrophilic polymer network with the ability to swell enormous amounts of water or many other liquids. The hydrogel network can consist of homo-polymers or copolymers [6-8]. Due to their unique three-dimensional network structure and various functional groups, hydrogels have found wide application in various fields such as agriculture. Recently, the use of hydrogels in agriculture as water management materials has attracted much attention. Thus, a hydrogel-coated soluble fertilizer would be an ideal formulation for increasing the growth and productivity of crops. Hydrogels based on acrylic polymers, obtained by graft polymerization in the presence of a cross-linking agent and subsequent drying of the formed hydrogel, where hydrolyzed polyacrylonitrile (HIPAN) is used as an acrylic polymer [9-11], and the product of the interaction of epichlorohydrin with an aqueous solution is used as a cross-linking agent ammonia 33%, widely used in agriculture. Recently, much attention has been paid to the preparation of hydrogel composites due to their relative low cost and good water retention capacity, as well as their significant sustained release properties. The hydrogel developed by our method not only has the ability to deliver and release fertilizers, but also has good water adsorption capacity, which can reduce fertilizer loss and improve water utilization in agriculture [12-13].

In the process of developing complex mineral fertilizers using hydrogel, there are two main stages: mixing the fertilizer composition with the hydrogel and increasing the crystallization of the finished fertilizer. These steps essentially control the size distribution of the fertilizer and its subsequent effect on the plants. Mass transfer of a solute from a supersaturated liquid solution to a pure crystalline solid and agitation can have a significant effect on product size distribution, purity and morphology. Saturation is defined as the excess of a dissolved fertilizer solution relative to the solubility curve. Thus, the overall efficiency of fertilizer application depends significantly on the interaction of thermodynamic, kinetic and transport processes (which in turn depend on the underlying hydrodynamics). Therefore, the ability to control and manipulate crystallizer performance requires a fundamental understanding of these aspects. In this work, we tried to give a brief and critical review of the available information on the thermodynamic, kinetic and hydrodynamic aspects of the development of complex mineral fertilizers using hydrogels [14].

The process of developing complex mineral fertilizers using hydrogel is based on the thermodynamic behavior of the system. These characteristics include hydrogel mixing, saturation, and metastable zone, which play a role in subsequent kinetics. Understanding the hydrogel mixing system is the starting point for

fertilizer design, forming a key aspect for determining nutrient throughput and yield. In addition, it plays a decisive role in the fertilizer selection system as well as in the mixing mode. The next step, understanding metastable characteristics, relates to solutions that are saturated but not ready to spontaneously nucleate. These aspects are discussed in detail in the following sections.

Solubility is a dynamic equilibrium in which the rate of dissolution is balanced by the rate of crystallization. This is the maximum concentration that can exist at equilibrium under a given set of conditions and often increases with increasing solution temperature [14]. Therefore, it can be said that the temperature coefficient of solubility is an important factor that can determine the yield of the crystal; because if the coefficient is positive and increasing, it will mean that increasing temperature leads to greater solubility and therefore greater concentration of the solution. To dissolve a substance in a liquid, it must be able to destroy the structure of the solvent and ensure the binding of solvent molecules to the ions of the dissolved component. The forces that bind ions, atoms, or molecules together in a lattice oppose the tendency of a crystalline solid to enter solution. Thus, the solubility of a solid is determined by the resultant of these opposing effects [15].

The main point in managing the process of developing mineral fertilizers using hydrogel and system modeling of the process is the accurate measurement of the concentration of hydrogel in fertilizer suspensions. High precision is necessary because the kinetics is highly dependent on supersaturation, which is the difference between the actual solute concentration and the concentration of the saturated solution.

In general, experimental determination of the absorption of mineral fertilizers by hydrogel requires a large amount of dissolved substance and is usually a labor-intensive procedure. Absorbance prediction using thermodynamic models is the preferred choice. The thermodynamic properties of chemical systems liquid–vapor, liquid–liquid and solid liquid, found using various methods (for example, group contribution methods or regular solution theory), can be revealed by estimating the ideal absorption and activity coefficient of the absorbed substance in the hydrogel [16]. Prediction of uptake is a fundamental aspect in the development of any fertilizer because its prediction is necessary to calculate saturation, which in turn is used to determine solution concentration and other uptake phenomena.

To identify the best concentration of a mineral fertilizer solution, thermodynamic and kinetic aspects, one should refer to the entropy of mixing of the solution.

There are three contributions to the entropy of mixing: a) changes in vibrational entropy thermodynamics; b) thermodynamic changes in magnetic and electronic entropy; and c) configurational or statistical thermodynamics, which arises from mixing equivalent solutions of different chemical species [17]. The last one is the most important. It arises from statistical mechanics and is fundamentally related to the greater randomness in the solid solution compared to the pure finite element. This structural complexity must be reflected in the thermodynamics of the formation of the solid solution and its subsequent interaction with aqueous solutions.

The absorption of nutrients by hydrogel during fertilizer development and subsequent transfer to the soil is a complex process that is influenced by numerous factors such as soil moisture, temperature, soil pH, rainfall, wind speed and the amount of organic matter solution. However, soil moisture content and temperature

are key factors affecting the nutrient absorption cycle of hydrogel during fertilizer development and subsequent transfer to soils and regulating mineral volatilization, since these two factors significantly influence soil aeration and soil enzymatic activity. Kinetics and thermodynamics are important techniques for analyzing the complex mechanism underlying the nutrient uptake reaction. Reaction rate (KN), temperature coefficient (Q10), enthalpy of activation (ΔH), free energy of activation (ΔG), entropy of activation (ΔS) and degree of activation (logN) are important indicators of the degree of complexity and rate of a chemical reaction [18]. From a kinetic point of view, it is known that the cumulative uptake of complex nutrients such as phosphorus and ammonium nitrate can be quantitatively described by the Elovich-1 model (Equation 1) [19]. The value of b in the Elovich-1 model indicates the curvature of the hydrogel's nutrient uptake curve, but these reports incorrectly consider b to be the reaction rate (KN). Therefore, these kinetic conclusions about reaction rates are questionable and should therefore be further studied.

$$Ct = a + b.\ln(t), \quad (1)$$

where: Ct – is the amount of nutrients (mg/kg) released at time t; a and b – are constants.

Previous studies have shown that at different temperatures, nutrients contain different amounts of moisture and, accordingly, different ability of the hydrogel to absorb nutrients. In these studies, the moisture content is 30% and the field capacity (θ) is 20%, or between 22% θ and 74% θ. Generally, plants need to be watered when the moisture content is less than 60%. After the hydrogel transfers the accumulated moisture along with nutrients into the soil, the moisture content approaches 100%. These previous studies, conducted in the laboratory of the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances of SKSU named after. M. Auezov, cannot fully reflect real agricultural conditions and therefore require further study, which was carried out in this work. It is also possible to isolate the individual effects of moisture content and temperature on the temperature coefficient, enthalpy of activation, and free energy of activation, but the combined effect of these factors remains unknown. Several high-quality studies have been conducted on the thermodynamic and kinetic aspects of hydrogel uptake of nutrients from fertilizers, but both the individual and coupled effects of moisture content and temperature on activation entropy and degree of activation remain unclear. This study will help improve the understanding of the mechanism in the development of mineral fertilizers and the absorption of hydrogel nutrients during the development of fertilizers and the subsequent transfer of these nutrients to the soil.

The Elovich-1 model cannot provide a meaningful reaction rate parameter. Considering the shortcomings of the Elovich-1 model, the robust Elovich-2 model (Equation 2) was used in this study [18,19]. The KN value in equation 2 is the rate of reaction. The Elovich-2 model is rarely used in assessing the thermodynamic and kinetic aspects of mineral fertilizer development, which does not take into account the influence of temperature and humidity on the reaction rate. Therefore, Equation 2 must be further modified as Equation 3.

$$Ct = (1/m)\ln(KN.m) + (1/m)\ln(t) \quad (2)$$

$$Ct = (1/m)\ln(KN\ (\theta,T).m) + (1/m)\ln(t) \quad (3)$$

where: KN – is the reaction rate constant; KN (θ, T) – modifying function indicating the reaction rate when combining thermodynamic temperature (T) and humidity (θ); T – thermodynamic temperature; θ – humidity, mg/kg; m – is a constant [18,19].

The Arrhenius equation (Equation 4) is a classical theory in physical chemistry for describing the linear relationship between the logarithm of KN and the reciprocal of T. The Arrhenius equation can also be expressed in another form as Equation 5. The Arrhenius equation must be modified to establish the exact modification function KN (θ ,T) [20].

$$\ln(KN) = \ln(A) - \frac{Ea}{R \cdot T} \quad (4)$$

$$\ln(KN) = a + \frac{b}{T} \quad (5)$$

where: A – is the pre-exponential coefficient; Ea – energy differential, kJ/mol; R – gas constant (8.314 J/mol·k) [20].

This study aims to identify the key control mechanism underlying hydrogel uptake of nutrients during the development of mineral fertilizers and their subsequent transfer to the soil, determine the important degrees of influence of temperature, humidity and the interaction between them on kinetic and thermodynamic parameters, and establish an uptake prediction model hydrogel of nutrients under the coupled effects of humidity and temperature. This work is aimed at identifying key issues related to the development processes of hydrogel mineral fertilizers; the extent to which they focused on reviewing the current understanding of thermodynamic, kinetic and hydrodynamic aspects and identifying knowledge gaps that pose challenges to research as well as industrial requirements. The section is organized as follows: first, the practice of using hydrogel mineral fertilizers in agriculture is briefly reviewed and key issues are identified; secondly, an explanation is given of the thermodynamic and kinetic processes during the absorption of nutrients by the hydrogel during the development of mineral fertilizers and their subsequent transfer to the soil.

Materials and methods. The research was carried out on the Saidmurot Altyn-Dala farm (Termez district, Surkhandarya region) with the support of the Toshkent Research Institute of Chemical Technologies (TKTI) named after. J. Amirov, Termez State University (TerSU) and at Borsyksai LLP (Tyulkubas district, Zhaskeshu village). Soil samples were taken at the Saidmurot Altyn-Dala farm and at Borsyksai LLP. The soil type is sandy loam, and the pH is 8.84. The moisture content and field capacity are 21.63 g/kg and 217.79 g/kg, respectively. The content of mineral fertilizers and hydrogel is 4.1 mg/kg and 5.9 mg/kg, respectively. pH level, field capacitance and moisture content were measured using previous research methods. The content of mineral fertilizers and hydrogel was determined using a continuous flow analyzer. All chemicals used in the experiments were of an analytical class reagent and obtained from hydrolyzed polyacrylonitrile (HIPAN) in the presence of a cross-linking agent – the product of the interaction of epichlorohydrin with a 33% aqueous solution of ammonia (ECHA) and mineral potassium-phosphorus fertilizers.

Exactly 151 g of soil was added to a series of 500 ml glass beakers. Deionized water was added to the beakers to adjust the moisture content of the soil samples to θ60, θ80, and θ100 levels (60%, 80%, and 100% of field capacity, respectively). The remaining beakers were treated with three different levels of

distilled water as a control. The beakers were incubated at different temperatures (15°C, 20°C, 25°C and 35°C) in incubators for 1 week. On odd-numbered days after the start of the experiment, nutrient uptake by the hydrogel was quantified using acid traps. Two sponges (2 cm thick, 8.5 cm in diameter) were moistened with 10 ml of phosphate-glycerol solution (40 ml of glycerol and 50 ml of phosphate were mixed and diluted in 1000 ml of deionized water). The lower sponge was placed 3 cm above the soil surface to capture fertilizer nutrients from the soil, and the top sponge was placed on the edge of the glass to capture fertilizer nutrients from the atmosphere. Soil water lost through evaporation was replaced with deionized water, and sponges were replaced every 2 days. A lower sponge and 100 ml of NH_4NO_3 (1 mol/L) solution were added to the flasks, which were then placed in a mechanical shaker and vibrated at a frequency of 50 Hz for 1 hour. The NH_4^+-N content in the pellucid filtrate was determined using a continuous flow analyzer.

Calculation of kinetic and thermodynamic parameters. Based on kinetic theory, the Elovich-2 model was used to describe the dynamic process of nutrient adsorption (Equation 2). To calculate model parameters based on experimental data, regression analysis was carried out. Thermodynamic parameters mainly include temperature coefficient (Q10), activation enthalpy (ΔH), activation free energy (ΔG), activation entropy (ΔS), activation degree (logN) and Ea. Ea can be calculated using equation 4. Other thermodynamic parameters can be calculated using the following equations:

$$Q_{10} = KT2 / KT1 \quad (6)$$

$$\log N = \log 10\ (Na.\exp\ (-Ea / (RT))) \quad (7)$$

$$\Delta H = Ea - RT \quad (8)$$

$$\Delta G = R \cdot T.\ln((RT) / (Na.h.KN)) \quad (9)$$

$$\Delta S = (\Delta H - \Delta G) / T \quad (10)$$

where: KT2 and KT1 – are the reaction rate constants at temperatures T2 and T1 (°C) (T2 = T1+10), respectively; Na – Avogadro's constant (6.022×10-23/mol); h – Planck's constant (6.626×10-34 J/s).

Data analysis and evaluation. All data were processed using Microsoft Excel 2013. Statistically significant analyzes were performed using one-way and two-way ANOVA. The creation of models was carried out using 1stOpt 7.0 software. Model accuracy was assessed using the coefficient of determination (R2) and mean absolute percentage error (MAPE), which were calculated as follows:

$$R^2 = \sum_{f=1}^{n} (C_i' - C^{-2}) / \sum_{f=1}^{n} (C_i - C^{-2}) \quad (11)$$

$$MAPE = \sum_{i-1}^{n} (|C_i - C_i'| / C_i) / n \times 100\% \quad (12)$$

where: Ci, C'i and C-2 – represent the measured, calculated and average amounts of mineral fertilizers (mg/kg) that were released at t, respectively; n – is the number of evaluated data points [9].

Research results. Characteristics of mineral fertilizers with hydrogel under various treatments. Figure 1 shows the values of mineral fertilizers with hydrogel at three different moisture contents. All three conditions, which were significantly increased initially and stabilized with increasing reaction time, followed the logarithmic function rule. The start and end times of the stage with different stages were almost the same at 15°C (Fig. 1a). Under other temperature conditions, high moisture content equates to a short rapidly increasing stage and a long stable stage (Fig. 1b-1c). The values of the amount of nutrients absorbed by the hydrogel in the three treatments followed the descending order of θ60>θ80>θ100 throughout the entire process. The result showed that θ100 is the best value to minimize nutrient volatilization with an average value of 13.10 mg/kg, which was only 86.9% and 75.3% of the θ80 and θ60 procedure, respectively, at 15°C. Similarly, the results for the two research methods were 87.8% and 75.5% at 20°C (Fig. 1b), 88.9% and 74.4% at 25°C (Fig. 1c), and 72.9 % and 59.4% at a temperature of 35°C (Fig. 1d). Extremely significant ($p<0.01$) difference at 15°C, 20°C, 25°C and 35°C and significant ($p<0.05$) difference at 35°C for three treatments (θ60, θ80 and θ100) were complied with.

Figure 1 also shows that the values of nutrients absorbed by the hydrogel at 15°C, 20°C and 25°C are similar, with the gap becoming increasingly smaller over time. As the temperature increased from 15°C to 35°C, the critical time of the two stages decreased from 20 to 5 at 100% field capacity (θ), from 20 to 7 at 80% field capacity, and from 20 to 9 at 60%, respectively. Additionally, high temperature equates to rapid absorption of nutrients and short release. The nutrients absorbed by the hydrogel in plant nutrition at 35°C were higher than in the other three cases. As shown in Figure 1, high temperature equates to steep absorbance growth curves and high initial velocity. The growth rates of nutrients absorbed by the hydrogel under different temperature treatments followed the descending order T35>T25>T20>T15 at the same moisture content.

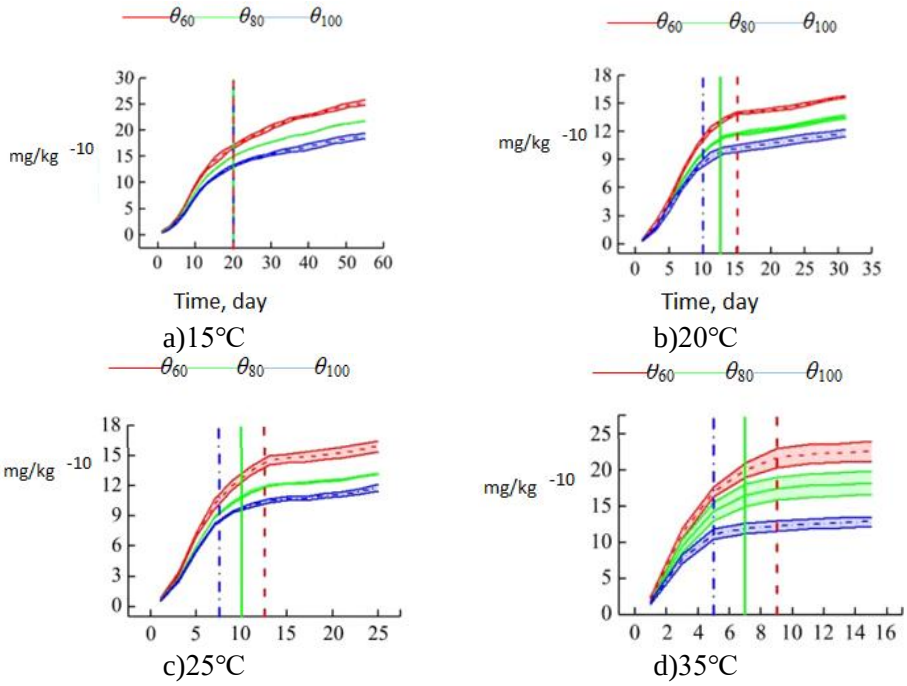


Fig. 1. The values of mineral fertilizers with hydrogel at different moisture contents

Extremely significant ($p<0.01$) or significant ($p<0.05$) differences were observed between the four experimental conditions (T15, T20, T25 and T35), except when the 15°C and 20°C methods were compared and 15°C and 25°C methods. After 7 days, nutrients absorbed by the hydrogel at 35°C showed an almost stable trend. The reaction rate constant at 20°C and 25°C reached stability at the same level, and at 15°C it showed a steady increase and later exceeded those in the other three cases.

Effect of different types of nutrient absorption by hydrogel on kinetic parameters. The rate of accumulation of the reaction rate constant (KN) is a key parameter in chemical kinetics and indicates the degree of speed and complexity of a chemical reaction. The KN values at different temperatures and moisture contents are shown in Figure 2a. The KN values for different temperature treatments were arranged in the following order: T35>T25>T20>T15. The KN values at 35°C were 3.26, 3.09 at 15°C, and 2.98 at 60%, 80%, and 100% field capacity, respectively. Figure 2a shows that the KN value decreases with increasing moisture content. The KN values of the θ60 treatment were 1.30, 1.29, 1.28, and 1.42 higher than those of the θ100 treatment at 15°C, 20°C, 25°C, and 35°C, respectively. The maximum and minimum values of the constant were found in the regions of low humidity and high temperature, and high humidity and low temperature, respectively. When moisture content increased from 60% field capacity to 100%, the average KN was 1.304, 1.292, 1.283 and 1.424 at 15°C, 20°C, 25°C and 35°C, respectively. When the temperature increased from 15°C to 35°C, the average KN values were 0.401, 0.326 and 0.270 at 60%, 80% and 100% capacity, respectively. This finding indicated a significant difference between treatments at different temperatures and moisture contents and thus suggested an interaction between temperature and moisture content in the transfer of nutrients by the hydrogel to the soil.

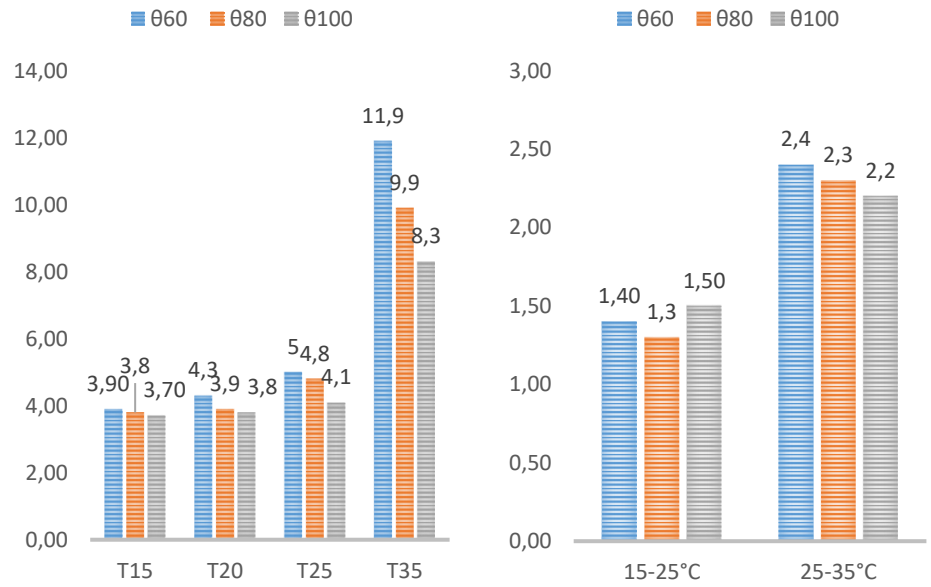


Fig. 2. Kinetic and thermodynamic parameters of nutrient accumulation by hydrogel during the development of mineral fertilizers at different temperatures and humidity

The result of two-way analysis of variance showed that the influence of individual factors and their interaction on the magnitude of the reaction rate followed in descending order T>θ>T×θ (Table 1). This discovery shows the extremely significant influence of humidity, temperature and their interaction on the magnitude of the reaction rate. Therefore, these factors should be taken into account when creating quantitative models in mineral fertilizers.

The influence of various types of processing on thermodynamic parameters

The parameters Ea, ΔH, ΔG, ΔS, Q10 and logN are key factors in thermodynamic theory. Different parameters play different roles in a chemical reaction. Activation energy (Ea) is the energy barrier at which a reactant molecule moves beyond the limits of a chemical reaction.

Table 1

Two-way analysis of thermodynamic parameters when combining humidity and temperature

Method	*ΔH*		lgN		*ΔG*		*ΔS*	
	F	Meaning	F	Meaning	F	Meaning	F	Meaning
T	3.194	0.042*	9.655	0.000**	16.437	0.000**	8.338	0.001**
θ	5.281	0.013*	13.742	0.000**	1.147	0.335	0.468	0.825
T×θ	0.310	0.925	1.009	0.443	1.137	0.371	0.079	0.925
Note: *, ** – shows the amplified value								

Enthalpy of activation (ΔH) is the thermal energy at which a reactant molecule is absorbed or released in a chemical process. Activation free energy (ΔG) is a measurement of the free energy required during the formation and decomposition of an activated complex. ΔS indicates the probability of reaching the transition state. Analysis of these parameters would make it possible to identify the mechanism of absorption of nutrients by the hydrogel and subsequent release into the soil at different temperatures and humidity.

Thermodynamic parameters for various treatments are shown in Figure 2a-2b. Q10 values in the high temperature zone (25°C-35°C) with average values of 2.322, 2.236 and 2.091 at 60%, 80% and 100% field capacity, respectively, were 1.47-1.66 times higher than in the low temperature zone (15°C-25°C) (Fig. 2b). This discovery showed that the KN reaction rate in the high-temperature zone was more sensitive to temperatures than in the low-temperature zone. Q10 at different moisture ratios and temperature zones was significant ($p<0.01$). The value of activation energy (Ea), which is the most important thermodynamic parameter, follows a descending order θ60<θ80<θ100 (Fig. 3). The difference in Ea at different moisture ratios was extremely significant.

As shown in Figure 2a, when the temperature increases from 15°C to 35°C or when the moisture content decreases from 100% throughput to 60%, the activation enthalpy (ΔH) decreases. This result showed that the absorption of nutrients by the hydrogel and subsequent release into the soil consumes a significant amount of energy. As the temperature increased, the activation free energy (ΔG) also increased, but the ΔG/T value decreased. This condition contributed to the development of the reaction. As moisture content increased, the rate of nutrient transfer decreased due to an increase in activation energy. The reagent molecules at 35°C were more easily activated than at other temperatures. In addition, when the temperature increases or the moisture content decreases, the activation entropy value |ΔS| and directionally arranged molecules increase in size.

This condition favored the acceleration of the reaction rate (Fig. 2a). The two-way ANOVA results presented in Table 1 reveal interaction effects.

In two-way analysis of variance, temperature significantly or extremely significantly affects the values of activation enthalpy ($p<0.05$), degree of activation ($p<0.01$), activation energy ($p<0.01$) and activation entropy ($p<0.01$)) (Table 1). A significant or extremely significant difference between water treatments was observed in the enthalpy of activation ($p<0.05$) and degree of activation ($p<0.01$) (Table 1). The interaction of temperature and humidity had no effect on the value of thermodynamic parameters during the absorption of nutrients by the hydrogel and subsequent transfer to the soil (Table 1). According to thermodynamic theory, the maximum value of activation enthalpy and minimum values of activation entropy and reaction rate constant occurred at T15 and θ100 treatments. Therefore, the absorption of nutrients by the hydrogel and subsequent transfer to the soil is an enthalpy-driven process.

Creation of a kinetic model for the development of mineral fertilizers using hydrogel. The Arrhenius model is a classical method for studying the kinetics of chemical reactions [10]. The R2 value of the Arrhenius model (KN(T)) is in the range of 0.932-0.949. Using this method to analyze the relationship between ln(KN) and 1/T by KN(T) was reasonable and feasible. However, the new KN(T)-2 model (Equation 13) (mean R2=0.999) can better describe the relationship between ln(KN) and 1/T than the traditional KN(T) model (mean R2=0.936).

$$\ln(KN) = a + b \cdot \exp(\frac{c}{T}) \quad (13)$$

where, C – is a constant value [21].

Moisture content had a significant effect on KN. However, the traditional Arrhenius model did not take into account the effect of moisture content on KN. The exponential function in Equation 14 describes the relationship between KN and moisture content well (average R2 =0.997). Considering the significant effect of the interaction of humidity and temperature on the value of KN, a multiplicative model was created in Equation 15 based on Equations 13 and 14. When Equation 15 was combined with Equation 3, a kinetic model of mineral fertilizer with hydrogel was obtained based on temperature (T) and humidity (θ) – model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)), ammonium nitrate, hydrogel. Similarly, when Equation 4 was combined with Equation 2, a traditional kinetic model of mineral fertilizer with hydrogel based on temperature (T) – model "B" (NH_4NO_3 (T)) in ammonium nitrate hydrogel based on the Arrhenius equation was obtained.

A temperature and humidity based hydrogel mineral fertilizer model – Model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) – ammonium nitrate hydrogel was calibrated and validated using 80% and 20% of the data samples, respectively. The best parameters of model "A" are shown in Table 2. Figure 3 shows the linear relationship between the measured and predicted values and the simulation accuracy of these models. As shown in Figure 3a, the slope and R2 of model "A" were 1.021 and 0.989, respectively. The values of the average absolute percentage error of model "A" were 4.01% and 4.17% for calibration and prediction samples, respectively (Fig. 3b). The simulation accuracy of Model "A" was compared with that of the traditional Model "B" to show the effect of improving Model "A". The values of the average absolute percentage error of model "B" were 6.49% and 7.11% for calibration and prediction samples, respectively (Fig. 3c). Model "A",

based on temperature and humidity, showed better accuracy than the traditional model "B", which is based only on temperature. Model "A" can be used to describe the process of nutrient absorption by hydrogel during fertilizer development and subsequent transfer to the soil through the interaction of humidity and temperature.

$$K_N = a \cdot \exp(b \cdot \theta) \quad (14)$$

$$K_N(T,\theta) = a \cdot \exp(b + c \cdot \exp(d / T) + e \cdot \theta) \quad (15)$$

where, d and e – are constants [21-22].

Table 2

Installation parameters of model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) – mineral fertilizers with hydrogel

Model	a	b	c	d	e	m
A	0.227	4.063	624440.805	-462.642	-7.889E-3	0.171

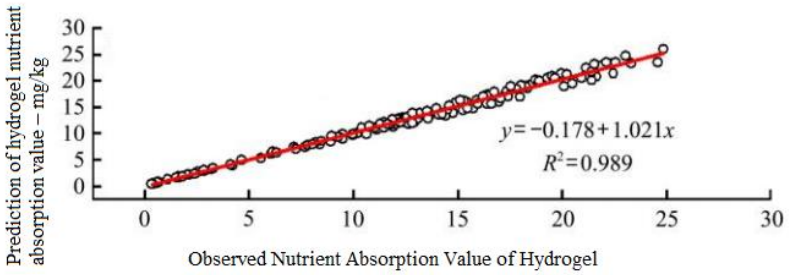


Fig. 3a. Linear relation

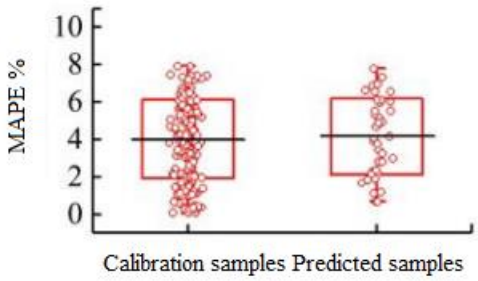


Fig. 3b. Modeling accuracy of model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) – mineral fertilizers with hydrogel

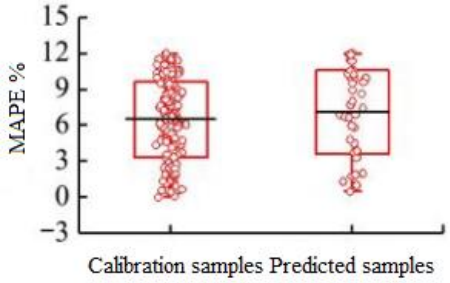


Fig. 3c. Modeling accuracy of model "B" (NH_4NO_3 (T))

Discussion. The influence of humidity and temperature on the absorption of nutrients by hydrogel during the development of fertilizers and subsequent transfer to the soil. Most previous studies have suggested that low temperature affects the hydrogel's absorption of fertilizer nutrients during development, and high soil moisture content is an important environmental factor that leads to high transfer rates of fertilizer nutrients from hydrogel in applied mineral fertilizers; this finding differs from the current work. In this study, when the moisture content increased from θ60 to θ100, the overall value of nutrient absorption process decreased by 25% to 43%. The difference may be caused by different experimental conditions.

In previous reports, development uptake was determined by the ammonium nitrate adsorption method and the soil surface was free. Under this condition, when soil moisture content increases, soil evaporation increases and causes loss of ammonia volatility. In this study, sponges were placed on the rim of a beaker to trap ammonia, thereby influencing the diffusion path of water vapor. The mechanism of the influence of moisture content on absorption in the previous study is not applicable in the present work.

The negative effect of moisture content on the nutrient absorption of the hydrogel during the development process was mainly due to two reasons. First, the ammonium nitrate used in this study is unsaturated, and the rate of hydrolysis depends on the substrate concentration. When the moisture content decreased from θ100 to θ60, the activity of ammonium nitrate decreased by 9-20%, which led to an increase in the NH_4^+-N content by 28-58%. This condition contributes to the loss of nutrients from the fertilizer and the hydrogel is less likely to absorb all the nutrients. Secondly, the pH of the θ60 treatment was between 8.32 and 9.16, which was higher than that of the θ100 treatment (between 8.19 and 9.07). The amount of OH in the θ60 treatment was between 10-5.68 mol/L and 10-4.84 mol/L, which was higher than that in the θ100 treatment (between 10-5.81 mol/L and 10-4.93 mol/l). Therefore, the reaction equilibrium in the θ60 treatment will shift more easily to the right side of Equation 16 than in the θ100 treatment [20-22].

$$N.H._4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O \quad (16)$$

Previous studies have shown a significant positive correlation between nutrient evaporation rates and temperature. The results of the present study generally confirm this trend. The activity of ammonium nitrate increased by 33%-41% when the temperature increased from 10°C to 35°C. Consequently, fertilizer hydrolysis increased, resulting in increased NH_4^+ accumulation and solubility. The rate of diffusion of nutrients from the liquid phase to the vapor phase was also accelerated. In conclusion, high temperatures equate to a lot of evaporating nutrients.

Analysis of kinetic and thermodynamic mechanisms. In this work, a new kinetic model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) – ammonium nitrate, hydrogel – is established – the absorption of nutrients by the hydrogel during the development of fertilizers and the subsequent transfer of nutrients into the soil under the associated influence of humidity and temperature. Model "A" showed more accurate physical meaning, better prediction accuracy, and more general applicability than the traditional model "B". First, accurately obtaining the reaction rate (KN) is the basis for building a reliable model. The value of b in the Elovich-1 model indicates the curvature of the hydrogel nutrient absorption curve in fertilizer formulation, and some reports consider b as the reaction rate, which is inaccurate. In the present study, reaction rate (KN) was determined using the robust Elovich-2 model. Secondly, the Elovich-2 model and the "A"(NH_4NO_3 (T, θ)) model were adopted to quantify the nutrient uptake of the hydrogel for developing fertilizers suited to different processing regimes, respectively. In contrast, one model "A"(NH_4NO_3 (T, θ)) can satisfy all procedures. Model "A" is more applicable than other models. Third, model "B" (NH_4NO_3 (T)) and model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) were created based on the Arrhenius equation and the KN(T)-2 model, respectively. During the simulation, the traditional Arrhenius equation was revised as the KN(T)-2 model. The average R2 value of the new KN(T)-2 model was 0.999, which was better than that of the Arrhenius equation (R2 =0.936). This result helps improve the accuracy

of the hydrogel nutrient uptake model for fertilizer formulation and subsequent transfer to the soil. Fourthly, the average absolute percentage error (MAPE) value of model "A" was 4.17%, which showed better forecasting accuracy than the traditional model "B" (MAPE = 7.11%).

In this study, the Q10 value was 1.38-1.43 in the low temperature zone (15°C-25°C) and 2.09-2.32 in the high temperature zone (25°C-35°C), in both cases the soil was fertilized with mineral fertilizer with hydrogel. The low temperature zone equates to a low Q10 value. The thermal stability of mineral fertilizers with hydrogel differed from the thermal stability of fertilizers without hydrogel. Secondly, the proportions of sand, silt and clay are 34.6%, 51.5% and 13.9% respectively. Third, the moisture content level is between 60%θ and 100%θ in the current study. Generally, plants need to be watered when the moisture content is less than 60% θ. The hydrogel, which accumulates liquid with nutrients, helps to gradually release moisture into the soil, thereby reducing the need for constant watering and saving water. After the hydrogel releases moisture into the soil, the moisture content approaches 100%.

Previous reports have shown that soil moisture loss shows a decreasing trend with increasing field capacity and decreasing temperature. At 15-25°C and 30-70% θ, the interaction between soil moisture and temperature is significant for moisture loss. Although the results of this study confirmed these trends, there was a slight limitation found in the previous study. Moisture content is typically between 60% θ and 100% θ in an agricultural system. As demonstrated by experimental methods, the current study reflects more realistic agricultural conditions than previous reports because it was conducted directly in the fields.

The average values of Ea, ΔH and ΔG were 47.6 kJ/mol, 45.1 kJ/mol and 104.1 kJ/mol with nitrophoska. The combined influence of temperature and moisture content factors on kinetic and thermodynamic parameters shows that the interaction between the two factors has a significant effect on the kinetic parameters and a minor effect on the thermodynamic parameters. The concentration of nitrophoska during treatment with θ100 was 1.42 mg/ml. The substrate concentration increased by 20% with increasing humidity to θ100. When the temperature increases from 15°C to 35°C, the lgN of solute molecules increases by 0.51 units. On the one hand, these two points help to increase the amount of nutrients in the hydrogel granule, thereby accelerating the correct movement of chemical equilibrium (Equation 16). On the other hand, these two points also help to increase the percentage of activated molecules and the collision efficiency, thereby increasing the likelihood of a chemical reaction and decreasing the reaction rate. In addition, the T35 and θ60 treatments had a minimum ΔH of 40.1 kJ/mol. At the same time |ΔS| and KN, not more than 97.7/mol and 11.6 mg/kg, respectively. Therefore, the absorption of nutrients by hydrogel in fertilizer formulation is an enthalpy-driven process according to thermodynamic theory. In conclusion, this study revealed the control mechanism of hydrogel nutrient uptake during fertilizer formulation and subsequent transfer to soil, and improved the prediction accuracy of hydrogel nutrient uptake during fertilizer formulation.

Conclusion. The influence of individual factors and their interaction on the reaction rate (KN), activation free energy (ΔG) and activation entropy (ΔS) followed the descending order T>θ>T·θ, while the enthalpy of activation (ΔH) and the degree of activation (logN) followed in descending order θ>T>T·θ. The interaction showed a significant effect on KN and a minor effect on all thermodynamic parameters. The role of water and temperature was mainly observed in the preparatory stage and the most critical stage of the transition state

of a chemical reaction, respectively. These new discoveries have identified the key and specific role of these two factors in the process of nutrient absorption by hydrogel during the development of mineral fertilizers and their subsequent transfer to the soil.

Considering that the activation enthalpy and activation free energy are greater than zero, and the activation entropy is less than zero, the hydrogel's absorption of nutrients in fertilizer formulation is an enthalpy-controlled endothermic reaction. The findings represent an important step towards a good understanding of the key control mechanism.

The new model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)), where KN(T)-2 with R2 0.999, was more accurate than the traditional Arrhenius model with R2 0.936. The new model "A" (NH_4NO_3 (T, θ)) with a mean absolute percentage error (MAPE) of 4.17% was more accurate than the traditional model "B" (NH_4NO_3 (T)) with a MAPE of 7.11%. The development of these two models represents an important step towards a good understanding of the relationship between reaction rate and temperature, as well as the relationship between reaction rate and environmental factors. Therefore, this study provides a valuable tool for predicting hydrogel nutrient uptake during fertilizer formulation and subsequent transfer to the soil.

References

1. Azimov A., Nekrasova L., Gura D. Assessment of groundwater potability for the population: Geochemical evaluation of aquifers in the city of Krasnodar //Journal of Water and Land Development. – 2022. – No. 52.
2. Yessenbek A., Satayev M., Azimov A. Activated carbon production from plum pit shells for oily wastewater treatment //Water Practice & Technology. – 2023. – Vol. 18. – No. 3. – P. 563-573.
3. Shingisbayeva ZH.A., Iztleuov G.M., Abduova A.A., Taubayeva A.S., Zhorabaeva N.K. Razrabotka elektrokhimicheskikh metodov polucheniya mineral'nogo dubitelya iz titansoderzhashchikh otkhodov [Development of electrochemical methods of obtaining a mineral tube from titanium-containing waste] //Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – No. 1. – P. 323. [in Russian].
4. Karthe D. et al. Water in Central Asia: an integrated assessment for science-based management //Environmental Earth Sciences. – 2017. – Vol. 76. – P. 1-15.
5. Satayev M. et al. Modeling the Structure and Diffusion of Porous Layers //Water. – 2024. – Vol. 16. – No. 1. – P. 172.
6. Smailov B.M. et al. Multifunctional sorbents based on refractory clays for chemical industry wastewater treatment //Rasayan J. Chem. – 2022. – Vol. 15. – P. 1085-1090.
7. 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.
8. 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.
9. Song X. et al.A lignin-containing hemicellulose-based hydrogel and its adsorption behavior //BioResources. – 2016. – Vol. 11. – No. 3. – P. 6378-6392.
10. 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.
11. Fathi M. et al. Hydrogels for ocular drug delivery and tissue engineering //BioImpacts: BI. – 2015. – Vol. 5. – No. 4. – P. 159.
12. Kozicki M. et al. Hydrogels made from chitosan and silver nitrate //Carbohydrate polymers. – 2016. – Vol. 140. – P. 74-87.
13. 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.

14. Navarra M.A. et al. Synthesis and characterization of cellulose-based hydrogels to be used as gel electrolytes //Membranes. – 2015. – Vol. 5. – No. 4. – P. 810-823.
15. 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.
16. Sadovnikova N.B., Smagin A.V., Sidorova M.A. Thermodynamic assessment of the effect of strongly swelling polymer hydrogels on the water retention capacity of model porous media //Eurasian soil science. – 2014. – Vol. 47. – P. 287-296.
17. Tseplyaev, A.N. Analysis of existing technologies for adding copolymers and prospects for their use //Scientific foundations of the strategy for the development of the agro-industrial complex and rural areas in the conditions of the WTO: materials of the International Scientific and Practical Conference: Vol. 3. – Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2014. – P. 488.
18. Shilov A., Plotnikov A., Tarabaev V. Vliianie sistemy udobrenii i silno nabukhaiushcheho polimernoho hidrohelia na urozhainost pshenitsy [Effect of fertilizer system and highly swollen polymer hydrogel on wheat yield] //Hlavnyi ahronom—The main agronomist. – 2013. – Vol. 2. – P. 15-17.
19. Danilova, T.N. Regulation of the water regime of soddy-podzolic soils and moisture supply of plants using water-absorbing polymers //Agrophysics. – 2016. – No. 1. – P. 8-16.
20. Stull, D., Westram, E., Zinke, G. Chemical thermodynamics of organic compounds. – Moscow: Mir, 1971. – 807 p.
21. Balunov A.I., Maikov V.P. Entropy and information in the theory of rectification //Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Tekhnol. – 2003. – Vol. 46. – No. 9. – P. 54-67.
22. Baranova A.A., Selyaninov A.A., Vihareva E.V. Kinetic modeling of biomechanical processes //Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Mechanics. Perm. – 2012. – No. 3. – P. 7-25.

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.

Material received on 20.06.24.

А.А. Болысбек[1], А. Азимов[1], Г.М. Изтлеуов[1], Ш.Д. Ширинов[2], Р.Ж. Омирова[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Ташкент химиялық технология ғылыми-зерттеу институты, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

ГИДРОГЕЛЬДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АГРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КЕШЕНДІ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУДІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КИНЕТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыс эпихлоргидриннің 33% аммиак Сулы ерітіндісімен (ЭХГА) өзара әрекеттесу өнімі – айқаспалы агент қатысуымен гидролизденген полиакрилонитрилден (ГИПАН) тұратын гидрогельмен минералды тыңайтқыштарды өндіруге арналған термодинамикалық және кинетикалық ойларды егжей-тегжейлі түсіндіруге арналған. Кинетикалық және термодинамикалық параметрлер бойынша жеке факторлардың дәстүрлі сапалы талдауы минералды тыңайтқыштарды әзірлеу кезінде гидрогельдің қоректік заттарды сіңіруінің және кейіннен осы қоректік заттар мен ылғалдың топыраққа берілуінің механизмін жеткілікті түрде ашуға мүмкіндік бермейді. Бұл зерттеу температураның, ылғалдылықтың және олардың өзара әрекеттесуінің кинетикалық және термодинамикалық параметрлерге әсерін

анықтауға бағытталған, бұл минералды тыңайтқыштарды әзірлеу кезінде гидрогельдің қоректік заттарды сіңіруінің негізгі басқару механизмін анықтауға мүмкіндік берді, дәстүрлі Аррениус моделін өзгертті және қоректік заттардың кумулятивті сіңуін болжаудың сандық моделін белгіледі. Далалық тәжірибелер әртүрлі температурада (Т) (15°С, 20°С, 25°С және 35°С) және ылғалдылықта (θ) (60%, 80% және 100% далалық сыйымдылық) жүргізілді. Нәтижелер жеке факторлардың әсері және олардың реакция жылдамдығының мәндеріне (КН), активтендірудің бос энергиясына (ΔG) және активтендіру энтропиясына (ΔS) өзара әрекеттесуі t>θ>T·θ төмендеу реті бойынша, ал активтендіру энтальпиясы (ΔH) және активтендіру дәрежесі (lgN) θ төмендеу реті бойынша жүретінін көрсетті>T > T·θ. Нәтижелер энтальпиямен басқарылатын қоректік заттардың эндотермиялық сіңіру реакциясын көрсетеді. Жаңа «А» моделі (NH_4NO_3 ((Т, θ)) дәстүрлі модельдерге қарағанда дәлірек болып, қоректік заттардың сіңуін болжау дәлдігін жақсартады.

Тірек сөздер: минералды тыңайтқыштар, гидрогель, кинетикалық параметрлер, термодинамикалық параметрлер, ылғалдылық, тыңайтқыш.

А.А. Болысбек[1], А. Азимов[1], Г.М. Изтлеуов[1], Ш.Д. Ширинов[2], Р.Ж. Омирова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии, г. Ташкент, Республика Узбекистан

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С АГРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОГЕЛЯ

Аннотация. Эта работа подробно посвящена выяснению термодинамических и кинетических соображений для производства минеральных удобрений с гидрогелем, состоящим изгидролизованного полиакрилонитрила(ГИПАН) в присутствии сшивающего агента – продукта взаимодействия эпихлоргидрина с 33% водным раствором аммиака (ЭХГА). Традиционный качественный анализ отдельных факторов по кинетическим и термодинамическим параметрам не позволяет в достаточной мере раскрыть механизм, лежащий в основе поглощения гидрогелем питательных веществ при разработке минеральных удобрений и последующей передачи этих питательных веществ и влаги в почву. Данное исследование было направлено на определение влияния температуры, влажности и их взаимодействия на кинетические и термодинамические параметры, что позволило выявить ключевой механизм управления, лежащий в основе поглощения гидрогелем питательных веществ при разработке минеральных удобрений, модифицировало традиционную модель Аррениуса и установило количественную модель прогнозирования кумулятивного поглощения питательных веществ. Полевые опыты проводились при различных температурах (*T*) (15°С, 20°С, 25°С и 35°С) и содержании влаги (*ϑ*) (60%, 80% и 100% полевой емкости). Результаты показали, что влияние отдельных факторов и их взаимодействие на значения скорости реакции (K_N), свободной энергии активации (*ΔG*) и энтропии активации (*ΔS*) следовали по нисходящему порядку *T>ϑ>T·ϑ*, тогда как энтальпия активации (*ΔH*) и степень активации (lg*N*) следовали по нисходящему порядку *ϑ>T>T·ϑ*. Результаты указывают на эндотермическую реакцию поглощения питательных веществ, контролируемую энтальпией, при этом новая модель «А» (NH_4NO_3(Т, θ)) оказалась более точной, чем традиционные модели, улучшая точность прогнозирования поглощения питательных веществ.

Ключевые слова: минеральные удобрения, гидрогель, кинетические параметры, термодинамические параметры, влажность, удобрение.

МРНТИ 61.13.15

А.А. Волненко[1] – *основной автор*, **А. Сериков[2], А.А. Абжапбаров[3], А.Э. Левданский[4], Д.К. Жумадуллаев[5]**

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

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-6800-9675* [2]*https://orcid.org/0009-0004-2236-9455* [3]*https://orcid.org/0000-0001-5972-1644* [4]*https://orcid.org/0000-0003-2684-7771* [5]*https://orcid.org/0000-0002-6552-2817*

[1,2,3,5]*Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*
[4]*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь*

@ [5]daulet_ospl@mail.ru

https://doi.org/10.55956/WKWX4464

РАСЧЕТ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ТЕПЛОМАССООБМЕННОМ АППАРАТЕ С РЕГУЛЯРНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ НАСАДКОЙ

Аннотация. Проанализировано состояние разработки конструкций насадочных тепломассообменных аппаратов с нерегулярными и регулярными стационарными насадками, с подвижными и регулярными подвижными насадками. Указаны недостатки в работе. Для аппаратов с регулярными подвижными насадками отмечена возможность реализации синфазного режима взаимодействия вихрей и использования преимуществ вибрационного и вращательного движения насадочных элементов.

Выполнено экспериментальное исследование структурных составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями при изменении скорости газа и плотности орошения, полученные на основе фотографий, обработанных в виде графических зависимостей. Отмечено, что увеличение скорости газа способствует росту частоты вращения, мощности образующихся вихрей и производимой ими работы. В результате происходит снижение диаметров капель. С увеличением плотности орошения значения диаметров струй и капель растут. Это связано с тем, что при неизменной скорости газового потока приток дополнительного объема жидкости приводит к утяжелению насадочных элементов и снижению частоты их вращения.

Уравнения для расчета средней толщины и среднерасходной скорости пленки жидкости получены на основе анализа действующих на нее сил. Уравнение для определения диаметра струй жидкости базируется на волновой теории, а с использованием диссипативного подхода получено уравнение для расчета объемно-поверхностного диаметра капель.

Ключевые слова: тепломассообменный аппарат, регулярная вращающаяся насадка, скорость газа, плотность орошения, толщина пленки, диаметр струй, диаметр капель.

Волненко, А.А. Расчет структурных составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с регулярной вращающейся насадкой [Текст] / А.А. Волненко, А. Сериков, А.А. Абжапбаров, А.Э. Левданский, Д.К. Жумадуллаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – Б.269-280. https://doi.org/10.55956/WKWX4464

Введение. Тепломассообменные и газоочистные аппараты используются в качестве основного технологического оборудования для проведения процессов абсорбции, десорбции, ректификации, экстракции, теплообмена, испарения и конденсации, а также в виде экологического оборудования для очистки газовых выбросов и обезвреживания сточных вод.

Наиболее распространенными аппаратами наряду с тарельчатыми являются насадочные аппараты с нерегулярной (хаотической) стационарной насадкой и регулярной стационарной насадкой. Конструкции нерегулярных насадочных элементов постоянно усовершенствуются в направлении увеличения количества отогнутых элементов, модификации поверхности насадки различными турбулизирующими элементами или путем изменения соотношения высоты и ширины насадочного тела [1,2]. Для увеличения интенсивности тепломассообмена в газожидкостных контактных аппаратах химической промышленности потребовалось увеличение удельной поверхности насадок. Так появились регулярные насадки с гофрированной поверхностью и всевозможным рифлением. В качестве материала стали применять сталь. Для лучшего перераспределения жидкости в слое насадки и уменьшения застойных зон, элементы насадки стали оснащать отверстиями, щелями, пазами и т.д. [1,2].

Общим недостатком присущим стационарным нерегулярным и регулярным насадкам является то, что они подвержены зарастанию твердыми отложениями. Кроме того, стационарные нерегулярные насадки обладают значительным гидравлическим сопротивлением.

Решением задачи по снижению забиваемости контактной зоны аппарата явилось создание аппаратов с подвижной насадкой к числу которых относятся аппараты со взвешенной, фонтанирующей насадкой и циркулирующей насадкой [3].

В аппаратах со взвешенной насадкой (ВН) элементы насадки находясь во взвешенном состоянии, совершают хаотичные и пульсационные движения. Применение тарелок в виде усеченного конуса, в которых перфорирована поверхность нижнего основания конуса позволяет организовать фонтанирование насадки над перфорированной частью тарелки (аппараты ФН). В аппаратах с циркулирующей насадкой и круговым движением насадки циркулирующее или круговое движение заложено в принцип работы и осуществляется организованно с помощью дополнительных трактов (зон), специальных способов и приспособлений [3,4,5].

Недостатком аппаратов с подвижной насадкой является повышенное гидравлическое сопротивление вследствие необходимости затрачивания энергии газового потока на подъем насадочных элементов и поддержания их во взвешенном состоянии.

В последние годы находят применение аппараты с регулярной подвижной насадкой (РПН) различных геометрических форм, разработанные казахстанскими учеными [3,6,7]. Они значительно превосходят широко применяемые конструкции насадочных аппаратов с нерегулярной и регулярной стационарной насадкой, подвижной насадкой вследствие невысокой энергоемкости при высокой эффективности проводимых процессов, т.е. обладают несомненным преимуществом, таким как низкая капиталлоемкость производства. В аппаратах с регулярным расположением насадочных элементов в вертикальном и радиальном направлениях имеется возможность достижения в них режима одновременного вихреобразования (синфазного режима), характеризующегося высокой эффективностью

проводимых процессов. Кроме того, создаваемые конструкции насадочных элементов дополнительно к синфазному режиму позволяют организовать вибрационное или вращательное движение, что способствует дальнейшему росту эффективности.

Вместе с тем, для более детального изучения работы таких аппаратов необходимо определение структурных составляющих жидкой фазы, являющихся основой создания межфазной поверхности. В этой связи нами проведены исследования размеров составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями, что, несомненно, является актуальным.

Новизной темы является получение уравнений для расчета диаметров струй и капель жидкости в контактной зоне аппарата с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями.

Условия и методы исследования. Исследования структурных составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями проведены на лабораторной установке в системе «вода-воздух», включающей модель аппарата квадратного поперечного сечения, вентилятор, насос, сборную и напорную емкости. Регулирование скорости газового потока осуществлялось шибером по показаниям стандартной диафрагмы, а количество подаваемой жидкости вентилем по показаниям ротаметров.

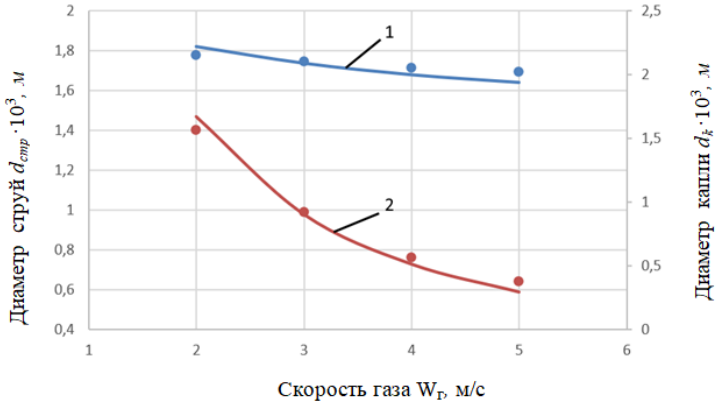
При исследовании структурных составляющих жидкой фазы проводились визуальные наблюдения газожидкостного слоя и его фотографирование. Количественные и качественные показатели структурных составляющих (диаметров струй и капель жидкости) были получены на основе статистической обработки фотографий.

Результаты исследования и их обсуждение. Лабораторные исследования структурных составляющих жидкой фазы проводились с изменением режимных параметров – скорости газа и плотности орошения.

На рисунках 1 и 2 представлены графики зависимостей диаметров струй и капель жидкости.

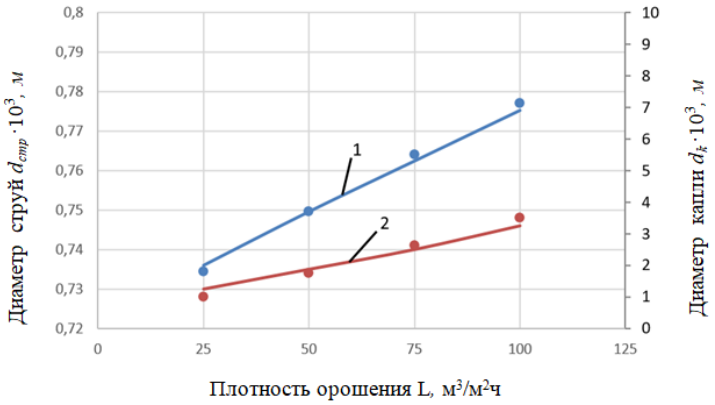
Как видно из рисунка 1 увеличение скорости газового потока приводит к снижению значений диаметров струй и капель в объеме исследуемых насадочных элементов. Это объясняется тем, что увеличение скорости газа способствует росту частоты вращения, мощности образующихся вихрей и производимой ими работы. В результате происходит снижение диаметров капель.

При исследовании зависимости диаметров капель от плотности орошения (рис. 2) определено, что с увеличением плотности орошения значения диаметров струй и капель растут. Это связано с тем, что при неизменной скорости газового потока приток дополнительного объема жидкости приводит к утяжелению насадочных элементов и снижению частоты их вращения.



Условия опытов: $t_в=3,5d_{об}$; $t_р=2d_{об}$; $d_{об}$ = 50 мм; L=25 м^3/м^{2}ч.
Кривые – расчет; точки – эксперимент.
1 – $d_к$; 2 – $d_{стр}$.

Рис. 1. Зависимость диаметров струй $d_{стр}$ и диаметров капель $d_к$ жидкости от скорости газа $W_г$



Условия опытов: см. рис.1. $W_г$=4 м/с.
Кривые – расчет; точки – эксперимент.
1 – $d_к$; 2 – $d_{стр}$.

Рис. 2. Зависимость диаметров струй $d_{стр}$ и диаметров капель $d_к$ жидкости от плотности орошения L

Для получения расчетных зависимостей структурных составляющих жидкой фазы рассмотрим условия проведения процесса дробления жидкости. В противоточном аппарате газовый поток поступает снизу и движется вверх. Жидкость подается в верхней части аппарата и стекает вниз. Взаимодействие газа и жидкости происходит в объеме насадочной зоны, состоящей из регулярно расположенных вращающихся насадочных элементов.

Особенностью конструкции исследуемой вращающейся насадки является наличие обода, закрепленного на свободных концах лопастей. Поэтому, поступающая на элемент насадки жидкость вначале попадает на лопасти, а затем в виде пленки движется к периферии, достигает обода, изменяет направление движения на вертикальное и на срезе обода дробится.

Известно, [8] что в форсунках с вращающимся распылителем пленка образуется при вращении диска или барабана, во внутреннюю полость

которого подается жидкость. Пленка при стекании с кромок диска или барабана становится неустойчивой и распадается на капли. Установлено, [8] что существует три режима распыливания жидкости в зависимости от ее расхода.

При малых расходах жидкости (первый режим распыливания) на периферии диска (барабана) образуется жидкое кольцо, на котором развиваются местные возмущения. Возмущенный участок кольца преобразуется в отросток, который вытягивается в сферическую головку с тонкой соединительной перемычкой. Эта головка отделяется, образуя первую каплю, а перемычка распадается с образованием мелких капелек-спутников.

При увеличении расхода жидкости возникает второй режим распыливания, при котором отростки на кольце принимают форму длинных нитей. На некотором расстоянии от периферии диска (барабана) нити распадаются на капли примерно одинаковых размеров, а тонкие перемычки между ними – на более мелкие капли-спутники.

Когда нити не могут пропустить всю жидкость из кольца на кромке, это кольцо сбрасывается с кромки, образуя пленку. Наступает третий режим распыливания, когда пленка распадается на капли различных размеров.

Жидкостное кольцо, образующееся на внутренней стороне обода исследуемой насадки, в полной мере реализует механизмы, описанные применительно к дискам и барабанам.

Известно, [8,9] что движение жидкой пленки по поверхности вращающегося элемента является достаточно сложным и в общем случае описывается системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса и уравнением неразрывности, решение которой представляет большие математические трудности.

В работах [8,9] показано, что в связи с малой толщиной пленки, образующейся на поверхности вращающегося элемента (диска, барабана), небольшими тангенциальными и вертикальными составляющими скорости в сравнении с радиальными, эту систему можно существенно упростить и свести ее к уравнению движения:

$$\frac{\partial\ \vartheta_r}{\xi^2 \cdot \partial\ \psi^2} + \frac{\rho_ж \omega_{вр}^2 \cdot \xi}{\mu_ж} \cdot \sin^2 \alpha = 0 \qquad (1)$$

При следующих граничных условиях:
на стенке:

$$\vartheta_r = 0 \qquad \psi = 0$$

на свободной поверхности:

$$\frac{\partial\ \vartheta_r}{\xi \cdot \partial\ \psi} = 0 \quad \psi = \psi_1 \qquad (2)$$

где: ϑ_r – радиальная составляющая скорости, м/с; ξ – осевая координата на свободной поверхности.

Для решения уравнения (1) введем обозначения:

$$\frac{\partial\ \vartheta_r}{\partial\ \psi} = K \qquad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \vartheta_r}{\partial \psi^2} = \frac{\partial K}{\partial \psi}. \quad (4)$$

С учетом этих обозначений уравнение (1) запишем следующим образом:

$$\frac{\partial K}{\xi^2 \partial \psi} + \frac{\rho_ж \omega_{вр}^2 \cdot \xi}{\mu_ж} \cdot \sin^2 \alpha = 0 \quad (5)$$

Откуда после интегрирования:

$$K = -\frac{\rho_ж \omega_{вр}^2 \cdot \xi^3}{\mu_ж} \cdot \psi \cdot \sin^2 \alpha + C \quad (6)$$

Подставляя (6) в уравнение (3), получим:

$$\frac{\partial \vartheta_r}{\partial \psi} = -\left[\frac{\rho_ж \omega_{вр}^2 \cdot \xi^3}{\mu_ж} \cdot \psi \cdot \sin^2 \alpha \right] \psi + C \cdot \quad (7)$$

Решение уравнения (5) с учетом граничных условий имеет вид:

$$\vartheta_r = \frac{\rho_ж \omega_{вр}^2}{\mu_ж} \cdot \sin^2 \alpha \left(\xi_1^3 \psi_1 \cdot \psi - \frac{\xi^3 \psi^2}{2} \right). \quad (8)$$

Величина ψ_1 определяется из условия, что расход жидкости в слое равен расходу жидкости на насадочном элементе.

$$Q = \int_0^{\psi_1} 2\pi \cdot r \cdot \xi \cdot \frac{\rho_ж \omega_{вр}^2}{\mu_ж} \cdot \sin^2 \alpha \left(\xi_1^3 \psi_1 \cdot \psi - \frac{\xi^3 \psi^2}{2} \right) d\psi \quad (9)$$

Проведя интегрирование, получим:

$$Q = \frac{2\pi \cdot \rho_ж \cdot \omega_{вр}^2 \cdot \sin^3 \alpha \cdot \psi_1^3}{3\mu_ж} \quad (10)$$

В исследуемой конструкции насадки общее количество жидкости, попавшей на лопасти, перемещается на внутреннюю поверхность обода.

Обозначив:

$$\delta_{пл}^{об} = \xi_1 \cdot \psi_1; \quad (11)$$

$$r = \xi_1 \cdot \sin \alpha; \quad (12)$$

$$Q = U_ж S_{об}, \quad (13)$$

и проводя необходимые преобразования, получим уравнение толщины пленки жидкости на поверхности вращающегося элемента:

$$\delta_{пл}^{об} = \left(\frac{3\mu_{ж} \cdot U_{ж} \cdot S_{об}}{2\pi \cdot \rho_{ж} \cdot \omega_{вр}^2 \cdot r^2 \cdot \sin\alpha} \right)^{1/3} \quad (14)$$

Подставляя значение площади лопастей $8 \cdot \pi \cdot r^2 = S_{лоп}$, и заменяя $\nu_{ж} = \mu_{ж} / \rho_{ж}$, получим:

$$\delta_{пл}^{об} = \left(\frac{3 \cdot \nu_{ж} \cdot U_{ж} \cdot S_{об}}{2 \cdot \omega_{вр}^2 \cdot \sin\alpha \cdot S_{лоп}} \right)^{1/3} \quad (15)$$

В уравнении (15) обозначим $B_S = S_{об} / S_{лоп}$, тогда оно окончательно примет вид:

$$\delta_{пл}^{об} = \left(\frac{3 \cdot \nu_{ж} \cdot U_{ж} \cdot B_s}{2 \cdot \omega_{вр}^2 \cdot \sin\alpha} \right)^{1/3} \quad (16)$$

Как отмечалось ранее [8] в форсунках с вращающимся распылителем в виде диска или барабана на их поверхности образуется пленка жидкости, которая, достигая кромок, становится неустойчивой и распадается на капли. В зависимости от расхода пленка жидкости распадается на отростки со сферической головкой (малый расход жидкости), на длинные нити (средний расход жидкости) и сбрасывается сама пленка (большой расход жидкости). При всех расходах, в конечном счете, образуются капли, а из тонких перемычек мелкие капли-спутники.

Визуальные наблюдения за работой исследуемой вращающейся насадки в диапазоне плотностей орошения от 15 до 75 $м^3/м^2ч$ и скоростей газа 3-5 м/с показали, что для нее характерен второй режим распыливания с образованием нитей.

Известно, [8] что при истечении жидкости в виде струи на ее поверхности возникают волны, распространяющиеся вдоль струи. Причем распад вызывается волнами, которые имеют наиболее быстро нарастающую во времени амплитуду. Определим длину такой волны.

Примем, что происходят осесимметричные колебания, это справедливо при числе Вебера $We_{стр} << 1$ [8]. Для этого случая квадрат инкремента колебаний имеет вид:

$$Z_{0i}^2 = m^2 \cdot We_{стр} - m^3, \quad (17)$$

в котором m – безразмерное волновое число:

$$m = r_{стр} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \quad (18)$$

здесь: $r_{стр}$ – радиус струи; λ – длина волны.

Согласно [8], при $We_{стр} \to 0$ $Z_{0i}^2 \to 0$. Тогда из (17) имеем:

$$m = We_{_\square\,\text{р}} = \frac{U_{стр}^2 \cdot r_{стр} \cdot \rho_{\text{г}}}{\sigma}, \tag{19}$$

где, $U_{стр}$ – скорость струи жидкости, м/с;

Из условий (18) и (19) определим длину волны:

$$\lambda = \frac{2\pi\sigma}{U_{стр}^2 \cdot \rho_{\text{г}}}. \tag{20}$$

В то же время длина нераспавшейся струи для маловязких жидкостей может быть определена [8] по формуле:

$$\frac{L_C}{\left(d_{об}/2\right)} = 2,3\left(\frac{Q_{\text{ж}}^6 \cdot \rho_{\text{ж}}}{\left(d_{об}/2\right)^{15} \cdot \omega_{\text{вр}}^2 \cdot \sigma}\right)^{0,143}. \tag{21}$$

В условиях, когда $We_{стр} << 1$, можно принять $L_c \approx \lambda$. Тогда из (20) и (21) после преобразований получим:

$$U_{стр} = 1,01 \cdot \left(\frac{\sigma^{1,143} \cdot \omega_{вр}^{0,572}}{\left(d_{об}/2\right)^{0,571} \cdot U_{ж}^{0,858} \cdot \rho_{ж}^{0,143} \cdot \rho_{Г}}\right)^{0,5}. \tag{22}$$

В результате исследования перехода от капельного истечения к струйному при распыливании жидкости вращающимися дисками была получена формула [8] для определения радиуса струи:

$$r_{стр} = \left(\frac{2 \cdot \sigma}{\pi \cdot \rho_{ж} \cdot \left(d_{об}/2\right) \cdot \omega_{вр}^2}\right)^{0,5}. \tag{23}$$

откуда диаметр струй жидкости:

$$d_{стр} = 1,6 \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_{ж} \cdot \left(d_{об}/2\right) \cdot \omega_{вр}^2}\right)^{0,5}. \tag{24}$$

Для определения диаметра капель принимаем: образование капель происходит при дроблении струек под действием вихрей, возникающих при обтекании насадочных элементов, вдали от пристенных слоев сплошной среды; капли в момент формирования имеют сферическую форму с однородным поверхностным натяжением; скорости дробления и коалесценции капель одинаковы, что справедливо при последовательном и многократном дроблении образующихся струек [10].

Диаметр капель, образующихся при распаде струй жидкости, определим из условия равновесия сил, действующих на каплю:

$$\sigma \cdot S_k = m_b \cdot \frac{\left(\bar{U}'\right)^2}{2}, \tag{25}$$

где в левой части – силы поверхностного натяжения, а в правой – динамический напор, действующий изнутри на поверхность, раздела, обусловленный изменением пульсационных скоростей на расстоянии λ. Площадь сечения капли S_k рассчитываем по уравнению:

$$S_k = \frac{\pi\, d_k^2}{4}. \tag{26}$$

Массу с длиной λ, определим по формуле:

$$m_b = \frac{\pi\, d_{стр}^2}{4} \cdot \rho_{ж} \cdot \lambda. \tag{27}$$

Среднюю пульсационную скорость $\bar{U}'$ находим по уравнению [11]:

$$\bar{U}' = Э^{1/3} \cdot \ell^{1/3} = Э^{1/3} \cdot d_k^{1/3} \tag{28}$$

где, ℓ – масштаб пульсаций, соизмеримый с диаметром капли, т.е. $\ell = d_k$.

Энергию диссипации вихрей Э, образующихся при обтекании струй жидкости, определим как:

$$Э = \frac{N_в}{V_{стр} \cdot \rho_{ж}}, \tag{29}$$

где, $N_в$ – мощность вихрей, образующихся при обтекании струй жидкости:

$$N_в = \xi_L \cdot d_{стр} \cdot \lambda \cdot \rho_Г \frac{U_Г^3}{2}. \tag{30}$$

Объем струй жидкости с диаметром $d_{стр}$ и длиной λ, определим по формуле:

$$V_{стр} = \frac{\pi \cdot\, d_{стр}^2}{4} \cdot \lambda. \tag{31}$$

Подставляя выражения (26), (27) и (28) с учетом (29), (30), (31) в уравнение (25) и решая относительно d_k, получим:

$$d_k = B_k \cdot \xi_L^{1/3} \cdot \frac{\rho_{ж}^{1/6} \cdot d_{стр}^{2/3} \cdot \sigma^{1/3} \cdot U_Г}{U_{стр}^{5/3} \cdot \rho_Г^{1.2}}. \tag{32}$$

здесь B_k =0,925 – корректирующий коэффициент.

Полученные уравнения $\delta_{пл}$, $U_{стр}$, $d_{стр}$ и d_k учитывают особенности режимных параметров через $U_г$ и $U_ж$, параметров движения через $\omega_{вр}$, конструктивные особенности расположения орошаемых насадочных элементов и физические свойства сплошной и дисперсной фаз через $\rho_ж$, $\rho_г$, $\nu_ж$, $\nu_г$ и σ.

Заключение. Рассмотрены конструкции насадочных тепломассообменных аппаратов с нерегулярными и регулярными стационарными насадками, с подвижными и регулярными подвижными насадками. Проведен анализ и указаны их недостатки. Для аппаратов с регулярными подвижными насадками отмечена возможность реализации синфазного режима взаимодействия вихрей и использования преимуществ вибрационного и вращательного движения насадочных элементов.

Результаты экспериментальных исследований структурных составляющих жидкой фазы в тепломассообменном аппарате с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями при изменении скорости газа и плотности орошения, полученные на основе фотографий обработаны в виде графических зависимостей. Отмечено, что увеличение скорости газа способствует росту частоты вращения, мощности образующихся вихрей и производимой ими работы. В результате происходит снижение диаметров капель. С увеличением плотности орошения значения диаметров струй и капель растут. Это связано с тем, что при неизменной скорости газового потока приток дополнительного объема жидкости приводит к утяжелению насадочных элементов и снижению частоты их вращения.

Уравнения для расчета средней толщины и среднерасходной скорости пленки жидкости получены на основе анализа действующих на нее сил, уравнение для определения диаметра струй жидкости базируется на волновой теории, а с использованием диссипативного подхода получено уравнение для расчета объемно-поверхностного диаметра капель.

Список литературы

1. Городилов, А.А. Интенсификация процесса тепломассообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой [Текст]: дис. …канд. техн. наук. / А.А. Городилов. – М., 2016. – 142 с.
2. Каган, А.М. Контактные насадки промышленных тепломассообменных аппаратов [Текст] / А.М. Каган, А.Г. Лаптев, А.С. Пушнов, М.И. Фарахов. – Казань: Отечество, 2013. – 454 с.
3. Балабеков, О.С. Расчет и конструирование тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой [Текст] / О.С. Балабеков, А.А. Волненко. – Шымкент, 2015. – 184 с.
4. Балабеков, О.С. Расчет и конструирование аппаратов с подвижной насадкой [Текст] / О.С. Балабеков. – Алма-Ата, 1984. – 34 с.
5. Балтабаев, Л.Ш. Массообменный аппарат для очистки газ(пар) жидкость [Текст] /Балтабаев Л.Ш. А.с. 394059 СССР. 1980, Б.И. №34.
6. Балабеков, О.С. Очистка газов в химической про-мышленности. Процессы и аппараты [Текст] / О.С. Балабеков, Л.Ш. Балтабаев. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
7. Балабеков, О.С. Физико-химическая гидродинамика и закон о синфазности вихреобразования [Текст] / О.С. Балабеков. – Шымкент, 2001. – 277 с.
8. Дитякин, Ю.Ф. Распыливание жидкостей. 2-е изд. перераб. и доп. [Текст] / Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В. Новиков, В.И. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
9. Пажи, Д.Г. Распылители жидкостей [Текст] / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. – М.: Химия, 1979. – 216 с.
10. Соколов, В.Н. Газожидкостные реакторы [Текст] / В.Н. Соколов, И.В. Доманский. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.

11. Волненко, А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов [Текст]: дис. … докт. техн. Наук / А.А. Волненко. – Шымкент, 1999. – 300 с.

Материал поступил в редакцию 18.07.24.

А.А. Волненко[1],А. Сериков[1], А.А. Абжапбаров[1], А.Э. Левданский[2], Д.К. Жумадуллаев[1]

[1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск қ., Беларусь

ТҰРАҚТЫ АЙНАЛМАЛЫ САПТАМАСЫ БАР ЖЫЛУ ЖӘНЕ МАССА АЛМАСУ АППАРАТЫНДАҒЫ СҰЙЫҚ ФАЗАНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ҚҰРАМДАСТАРЫН ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа. Тұрақты емес және тұрақты стационарлық саптамалары бар, жылжымалы және тұрақты жылжымалы саптамалары бар оралған жылу және масса алмасу құрылғыларының конструкцияларының даму жағдайы талданған. Жұмыстағы кемшіліктер атап өтілді. Тұрақты қозғалатын саптамалары бар құрылғылар үшін құйындылардың өзара әрекеттесуінің фазалық режимін жүзеге асыру және саптама элементтерінің діріл және айналу қозғалысын пайдалану мүмкіндігі атап өтілді.

Графикалық тәуелділіктер түрінде өңделген фотосуреттер негізінде алынған газ жылдамдығын және суару тығыздығын өзгерту кезінде тікбұрышты қалақшалары бар айналмалы оралған элементтері бар жылу және масса алмасу аппаратындағы сұйық фазаның құрылымдық құрамдас бөліктеріне эксперименталды зерттеу жүргізілді. Газ жылдамдығының артуы айналу жиілігінің, пайда болатын құйындылардың қуатының және олар жасайтын жұмыстың артуына ықпал ететіні атап өтілген. Нәтижесінде тамшылардың диаметрлері азаяды. Суару тығыздығы артқан сайын ағындар мен тамшылардың диаметрлері артады. Бұл тұрақты газ шығыны кезінде сұйықтықтың қосымша көлемінің түсуі орауыш элементтердің ауырлауына және олардың айналу жиілігінің төмендеуіне әкелетініне байланысты.

Сұйық қабықшаның орташа қалыңдығын және орташа шығынын есептеуге арналған теңдеулер оған әсер ететін күштерді талдау негізінде алынады. Сұйық ағындардың диаметрін анықтау теңдеуі толқындық теорияға негізделген, ал диссипативті тәсілді қолдана отырып, тамшылардың көлемдік-беттік диаметрін есептеу үшін теңдеу алынады.

Түйінді сөздер: жылу және масса алмасу аппараты, тұрақты айналмалы саптама, газ жылдамдығы, суару тығыздығы, пленка қалыңдығы, ағын диаметрі, тамшы диаметрі.

A.A. Volnenko[1], A. Serikov[1], A.A. Abzhapbarov[1], A.E. Leudanski[2], D.K. Zhumadullayev[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

CALCULATION OF THE STRUCTURAL COMPONENTS OF THE LIQUID PHASE IN A HEAT AND MASS TRANSFER APPARATUS WITH A REGULAR ROTATING NOZZLE

Abstract. The state of development of designs of packed heat and mass transfer devices with irregular and regular stationary nozzles, with movable and regular movable nozzles is analyzed. Shortcomings in the work are pointed out. For devices with regular moving nozzles, the possibility of implementing an in-phase mode of interaction of vortices and taking advantage of the vibration and rotational motion of the nozzle elements has been noted.

An experimental study of the structural components of the liquid phase in a heat and mass transfer apparatus with rotating packed elements with rectangular blades was carried out when changing the gas speed and irrigation density, obtained on the basis of photographs processed in the form of graphical dependencies. It is noted that an increase in gas velocity contributes to an increase in the rotation frequency, the power of the resulting vortices and the work they produce. As a result, droplet diameters decrease. With increasing irrigation density, the diameters of the jets and drops increase. This is due to the fact that, at a constant gas flow rate, the influx of an additional volume of liquid leads to heavier packing elements and a decrease in their rotation frequency.

Equations for calculating the average thickness and average flow rate of a liquid film are obtained based on an analysis of the forces acting on it. The equation for determining the diameter of liquid jets is based on the wave theory, and using the dissipative approach, an equation is obtained for calculating the volume-surface diameter of droplets.

Keywords: heat and mass exchange apparatus, regular rotating nozzle, gas velocity, irrigation density, film thickness, jet diameter, droplet diameter.

References

1. Gorodilov A.A. Intensifikatsiya protsessa teplomassoobmena v kontaktnykh apparatakh s regulyarnoy nasadkoy [Intensification of the heat and mass transfer process in contact devices with regular packing]: dissertation candidate of technical sciences. – Moscow, 2016. – 142 p. [in Russian].
2. Kagan A.M., Laptev A.G., Pushnov A.S., Farakhov M.I. Kontaktnyye nasadki promyshlennykh teplomassoobmennykh apparatov [Contact nozzles for industrial heat and mass transfer devices]. – Kazan: Fatherland, 2013. – 454 p. [in Russian].
3. Balabekov O.S., Volnenko A.A. Raschet i konstruirovaniye teplomassoobmennykh i pyleulavlivayushchikh apparatov s podvizhnoy i regulyarnoy nasadkoy [Calculation and design of heat and mass transfer and dust collecting devices with a movable and regular nozzle]. – Shymkent, 2015. – 184 p. [in Russian].
4. Balabekov O.S. Raschet i konstruirovaniye apparatov s podvizhnoy nasadkoy [Calculation and design of devices with a movable nozzle]. – Almaty, 1984. – 34 p. [in Russian].
5. Baltabaev, L.Sh. Massoobmennyy apparat dlya ochistki gaz(par) zhidkost [Mass transfer apparatus for gas (steam) liquid purification] Copyright certificate 394059 USSR. 1980, B.I. No. 34. [in Russian].
6. Balabekov O.S., Baltabaev L.Sh. Ochistka gazov v khimicheskoy pro-myshlennosti. Protsessy i apparaty [Gas purification in the chemical industry. Processes and devices]. – Moscow: Chemistry, 1991. – 256 p. [in Russian].
7. Balabekov O.S. Fiziko-khimicheskaya gidrodinamika i zakon o sinfaznosti vikhreobrazovaniya [Physico-chemical hydrodynamics and the law of in-phase vortex formation]. – Shymkent, 2001. – 277 p. [in Russian].
8. Dityakin Yu.F., Klyachko L.A., Novikov B.V., Yagodkin V.I.Raspylivaniye zhidkostey. 2-ye izd. pererab. i dop. [Spraying liquids. 2nd ed. reworked and additional]. – Moscow: Mechanical Engineering, 1977. – 208 p. [in Russian].
9. Pazhi D.G., Galustov V.S. Raspyliteli zhidkostey [Spraying liquids]. – Moscow: Chemistry, 1979. – 216 p. [in Russian].
10. Sokolov V.N., Domansky I.V. Gazozhidkostnyye reaktory [Gas-liquid reactors]. – Leningrad: Mechanical Engineering, 1976. – 216 p. [in Russian].
11. Volnenko A.A. Nauchnyye osnovy razrabotki i rascheta vikhrevykh massoobmennykh i pyleulavlivayushchikh apparatov [Scientific basis for the development and calculation of vortex mass transfer and dust collecting devices]: dis. ... Doctor of Technical Sciences. – Shymkent, 1999. – 300 p. [in Russian].

МРНТИ 61.35.31

М.В. Дяденко[1] – *основной автор*,
И.А. Левицкий[2], А.С. Глинский[3]

[1]Канд. техн. наук, доцент, [2]Д-р техн. наук, профессор, [3]Мл. науч. сотрудник

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-4555-9401 [2]https://orcid.org/0000-0001-5001-605X [3]https://orcid.org/0009-0000-6570-9166*

[1,2,3]Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

@ *[1]dyadenko-mihail@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/BKKH4506

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОКРЕМНЕЗЕМИСТЫХ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$

Аннотация. Представлены результаты изучения влияния химического состава стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ на их фазовое разделение, плотность, микротвердость и температурную зависимость вязкости.

Представлены результаты влияния фактора сетевого взаимодействия (NC) на величину плотности опытных стекол при различном соотношении CaO/P_2O_5. Показано, что характер изменения плотности опытных стекол от величины NC описывается квадратичной функцией.

Методом вискозиметрии изучено влияние массовых соотношений Na_2O/CaO и CaO/P_2O_5 на вязкость опытных стекол в диапазоне значений 109-106 Па·с. Показано, что определяющее влияние на данный показатель оказывает содержание оксидов кальция и фосфора.

Ключевые слова: кристаллическая фаза, плотность, тетраэдрическая группировка, микротвердость, прочность связи, координация, температурная зависимость вязкости, биоактивное стекло, градиент вязкости.

Дяденко, М.В. Технологические и физико-химические свойства низкокремнеземистых стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ [Текст] / М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, А.С. Глинский //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.281-292. https://doi.org/10.55956/BKKH4506

Введение. Система $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ является основой получения низкокремнеземистых стекол, обладающих биоактивными свойствами [1,2].

В 1969 году впервые профессором университета Флориды (США) Ларри Л. Хенчем на основе системы $Na_2O–CaO–SiO_2–P_2O_5$ получен состав стекла марки 45S5, которое обладает биоактивностью по отношению к биологической жидкости [3,4]. С тех пор учеными различных стран активно проводятся научные исследования по разработке данного типа стекол для таких направлений медицины, как ортопедия, оториноларингология, стоматология, тканевая инженерия и т.д. [5]. Получение данного типа стекол тесно связано не только с изучением их взаимодействия с биологической

жидкостью человека, что обуславливает формирование кристаллов гидроксиапатита [6], но и с особенностями синтеза такого типа стекол и способов их формования.

Как известно [7], наиболее важным свойством стекла, определяющим технологические параметры его синтеза и формования, является вязкость. На вязкость, как и на биологическую активность таких стекол, огромное влияние оказывает фактор сетевого взаимодействия (NC) [8-10], представляющий собой среднее число мостиковых ионов кислорода, приходящихся на один кремнекислородный тетраэдр и определяющий степень полимеризации структурной сетки стекла. Фактор сетевого взаимодействия для исследуемых стекол определяется по формуле [8-10]:

$$NC = (4[SiO_2] - 2[M_2O + MO] + 6[P_2O_5])/[SiO_2]$$

где: M_2O и MO – молярное содержание одно- и двухвалентных оксидов-модификаторов в составе стекла (в данной работе Na_2O, CaO и ZnO соответственно); SiO_2 и P_2O_5 – молярное содержание оксидов кремния и фосфора соответственно.

Наличие модифицирующих катионов в составах биостекол является определяющим фактором при их разработке. Благодаря этому формируются структурные полости, наличие которых приводит к уменьшению плотности, вязкости и локальной симметрии структурной сетки стекла и, как результат, повышению растворимости стекла в биологической среде [11].

Ионы-модификаторы структурного каркаса стекла легко выщелачиваются из него водными растворами. Поскольку они деполимеризуют структурную сетку стекла, то такие свойства, как вязкость, плотность, микротвердость и другие, изменяются в зависимости от содержания и вида модификаторов в его составе. По результатам изучения структуры стекол ученые описывают соотношение между химическим составом и свойствами стекловидных материалов с целью последующего их прогнозирования.

В связи с этим целью настоящей работы является изучение влияния соотношений Na_2O/CaO и CaO/P_2O_5, а также суммарного содержания (Na_2O+CaO) на комплекс технологических и физико-химических свойств стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$.

Условия и методы исследований. В качестве сырьевых материалов для приготовления шихты использовали карбонат натрия, кварцевую крупку, оксид кальция, оксид цинка и натрий фосфорнокислый. Используемые сырьевые материалы имели квалификацию не ниже «осч».

Синтез низкокремнеземистых стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ осуществляли в корундовых тиглях в газовой пламенной печи периодического действия при максимальной температуре 1450±10°С с выдержкой при ней 1 ч. При достижении однородности стекломассы по пробе на нить тигли извлекали из печи, после чего производили формование образцов путем отливки на металлическую плиту. После этого полученные образцы отжигали в муфельной печи при температуре 540±5°С для снятия внутренних напряжений.

Определение устойчивости стеклообразного состояния опытных стекол осуществляли методом градиентной кристаллизации [12].

Для изучения плотности исследуемых стекол использовали метод гидростатического взвешивания. Погрешность определения составляла 1-3% [12].

Определение микротвердости синтезированных стекол по Виккерсу осуществляли с использованием микротвердомера Wolpert Wilson (Германия). Погрешность данного метода изменялась в пределах 4-5%.

Исследование поверхности образцов стекол производили с использованием лабораторного металлографического инвертированного микроскопа Микромед МЕТ (Китай) при 50-500-кратном увеличениях.

Вязкость опытных стекол в интервале 10^6-10^9 Па·с определялась методом сжатия сплошного стеклянного цилиндра с применением вискозиметра PPV-1000 фирмы Orton (США). При проведении испытаний образец помещался между параллельными металлическими пластинами с платиновой фольгой, предотвращающей прилипание стеклянного цилиндра к металлу при их нагревании до максимальной температуры измерения, не превышающей 1000±5°С. Погрешность определения составляла 1-2%.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице ниже приведено массовое содержание основных оксидов опытных стекол и их соотношение.

Таблица 1

Массовое содержание основных оксидов опытных стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ и их соотношение

№ состава	SiO_2+ZnO	CaO	P_2O_5	Na_2O	Na_2O/CaO	Na_2O+CaO	CaO/P_2O_5
1б	58,5	7,0	2,0	32,5	4,6	39,5	3,5
2б	58,5	8,0	2,0	31,5	3,9	39,5	4,0
3б	58,5	9,0	2,0	30,5	3,4	39,5	4,5
4б	58,5	10,0	2,0	29,5	2,9	39,5	5,0
5б	58,5	8,7	2,5	30,3	3,5	39,0	3,5
6б	58,5	10,0	2,5	29,0	2,9	39,0	4,0
7б	58,5	11,2	2,5	27,8	2,5	39,0	4,5
8б	58,5	12,5	2,5	26,5	2,1	39,0	5,0
9б	58,5	10,5	3,0	28,0	2,7	38,5	3,5
10б	58,5	12,0	3,0	26,5	2,2	38,5	4,0
11б	58,5	13,5	3,0	25,0	1,8	38,5	4,5
12б	58,5	15,0	3,0	23,5	1,6	38,5	5,0
13б	58,5	12,2	3,5	25,8	2,1	38,0	3,5
14б	58,5	14,0	3,5	24,0	1,7	38,0	4,0
15б	58,5	15,7	3,5	22,3	1,4	38,0	4,5
16б	58,5	17,5	3,5	20,5	1,2	38,0	5,0

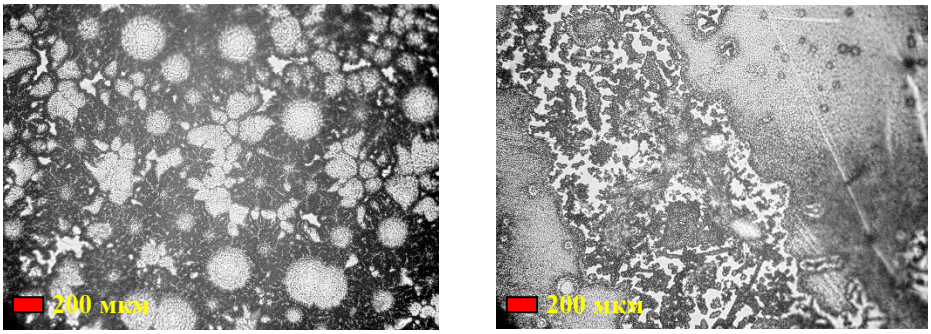
По результатам синтеза опытных стекол установлено, что образцы, в составе которых отношение Na_2O/CaO максимально и составляет 4,6, склонны к ликвационному фазовому разделению предположительно бинодального типа. Стекла с массовым соотношением CaO/P_2O_5, составляющим 5,0, в составе которых содержится не менее 29 мас. % оксида натрия, склонны к проявлению признаков кристаллизации (рис. 1).

В соответствии с рисунком 1 ликвационные капли имеют средний диаметр 250-300 мкм, а размер кристаллических образований неизометричной формы варьируется в пределах от 50 до 300 мкм.

С одной стороны, проявление процессов фазового разделения может быть вызвано более высокой электроотрицательностью иона P^{5+} в сравнении с Si^{4+} и тем, что ион кальция характеризуется сильным сродством к связыванию с фосфором [11].

В соответствии с представлениями Макмиллана [13] важную роль в каталитическом действии фосфора играет фазовое разделение. Сохранение электронейтральности в структуре стекла определяет двойную связь иона P^{5+} с кислородом в тетраэдрических группировках $[PO_4]$, наличие которой является одной из причин химической несовместимости с кремнекислородными тетраэдрами [11].

Таким образом, наблюдается формирование обособленных фосфатных группировок в форме соединения P_2O_5 с оксидами щелочных и щелочноземельных элементов: интенсифицируется процесс фазового разделения.



а б

Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки стекла (*x*200) с соотношением Na_2O/CaO, равным 4,6 (*а*); стекла с соотношением CaO/P_2O_5 – 5,0 и включающего 29,5 мас. % Na_2O (*б*)

По этой причине P_2O_5 в составе опытных стекол взаимодействует с ионом Ca^{2+}, разрушая связи Si–O–Ca–O–Si, и образует энергетически более прочные связи P–O–Ca, чем Si–O–Ca [11]. С ростом соотношения CaO/P_2O_5 взаимодействие фосфора с кальцием приводит к выделению фосфорсодержащих группировок и, как результат, к появлению фазового разделения.

Изучение плотности опытных стекол имеет важное практическое значение, так как знание ее величины позволяет оценить степень миграции ионов, входящих в состав стекла, в биологическую жидкость. Плотность стекол определяется главным образом атомной массой и количеством вводимого катиона, а также плотностью упаковки структурных элементов [14,15]. Плотность опытных стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ изменяется в пределах 2770-2810 кг/м^3.

На рисунке 2 приведено влияние оксида кальция, вводимого взамен Na_2O в пределах рассматриваемых концентраций, на плотность опытных стекол при различном содержании P_2O_5.

Как следует из рисунка 2, с ростом содержания CaO (с уменьшением соотношения Na_2O/CaO) в целом плотность опытных стекол возрастает. Обращает на себя внимание тот факт, что зависимости плотности от количества CaO при постоянном содержании P_2O_5 имеют параболический

характер, при этом минимум плотности наблюдается при соотношении CaO/P_2O_5, составляющем 4,0.

На наш взгляд, это связано с двумя конкурирующими факторами: количеством катионов с более высокой атомной массой и плотностью упаковки структурных элементов.

Введение первых порций оксида кальция за счет Na_2O вызывает снижение плотности опытных стекол, что вызвано, по нашему мнению, ростом в структуре стекол содержания более крупного иона Ca^{2+} (0,104 нм) в сравнении с Na^+ (0,098 нм) [16], который, встраиваясь в структурные полости меньшего размера, вызывает увеличение мольного объема стекла. Последующее введение CaO приводит к росту данного показателя, что связано с преобладанием доли ионов с более высокой атомной массой (Ca^{2+} – 40,08 а.е.м., Na^+ – 22,99 а.е.м.) [17].

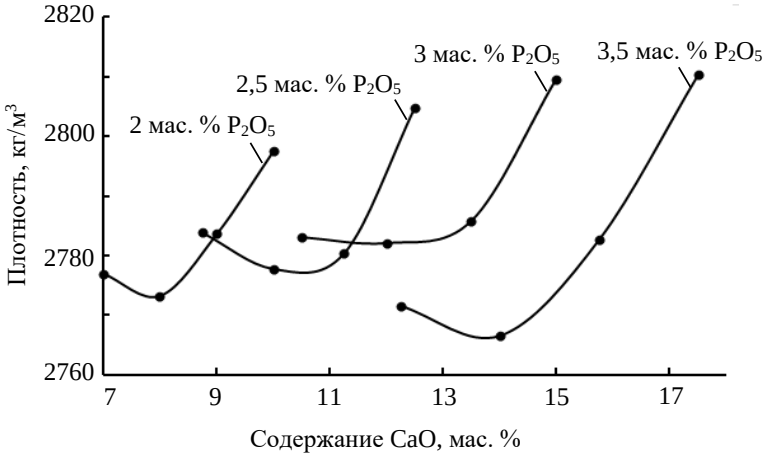


Рис. 2. Влияние CaO, вводимого взамен Na_2O, на плотность опытных стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ при различном содержании P_2O_5

На рисунке 3 представлено влияние фактора сетевого взаимодействия (NC) на плотность опытных стекол при различном соотношении CaO/P_2O_5.

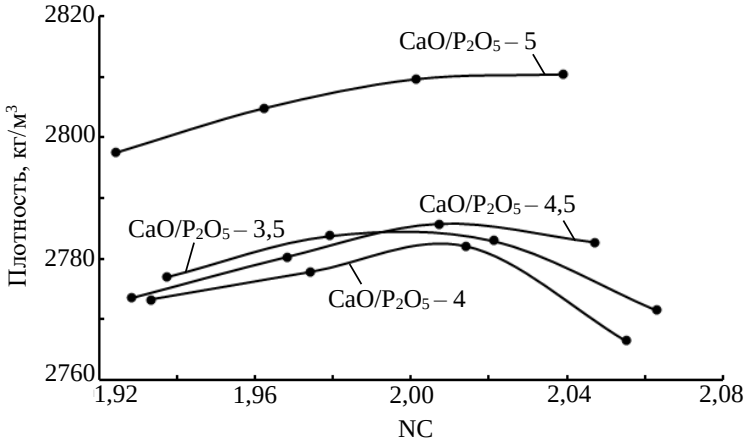


Рис. 3. Влияние NC на плотность опытных стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ при различном соотношении CaO/P_2O_5

Как следует из рисунка 3, зависимость имеет нелинейный характер: плотность опытных стекол изменяется в соответствии с квадратичной функцией. При NC, составляющем 2,00-2,02, на представленных зависимостях наблюдается экстремум, характер которого определяется соотношением CaO/P_2O_5. Данный факт, по-видимому, связан с изменением доли мостиковых и немостиковых атомов кислорода, а также с плотностью упаковки структурных элементов, которая повышается за счет того, что кальций обладает в структуре исследуемых стекол предположительно более низким координационным числом, чем натрий ($КЧ_{Ca}$=6, $КЧ_{Na}$=8) [18].

Структура стекол с величиной фактора NC 1,9-2,0, на наш взгляд, представлена преимущественно силикатными мотивами Q2 и Q1 (где Q2 и Q1 – кремнекислородные тетраэдры с двумя и одним мостиковым атомом кислорода соответственно), которые в сочетании с ионами-модификаторами обеспечивают компактность всей структурной сетки стекла.

С увеличением NC от 2,00 до 2,07 за счет роста содержания P_2O_5 (повышается степень полимеризации), предположительно, происходит переход к более разветвленной структурной сетке стекла, вызывая некоторое ее разуплотнение.

Увеличение плотности опытных стекол с ростом соотношения CaO/P_2O_5 вызвано возрастанием доли ионов кальция при одновременном снижении крупных по размеру ортофосфатных анионов, определяющих рост мольного объема стекол. Увеличение плотности также связано с ростом доли более ионных по природе связей P–O–Ca, чем P–O–P, обеспечивая компактность структуры стекла. Ионы Ca^{2+} встраиваются в структурную сетку стекла, формируя связи P–O–Ca за счет разрушения связей P–O–P, вызывая снижение количества немостиковых атомов кислорода. В результате этого повышается жесткость, компактность и плотность структурной сетки стекла [19].

Использование на практике биостекла в виде тонкомолотого порошка предопределяет необходимость исследования микротвердости, которая позволяет оценить прочность поверхностного слоя стекла.

Микротвердость является сложной характеристикой стекол и зависит от их химического состава и структуры: данный показатель определяется прочностью химических связей в структурном каркасе стекла и типом формирующих его структурных элементов [20].

Основными факторами, определяющими микротвердость силикатных оксидных стекол, являются радиус катиона и его валентность, строение внешних электронных оболочек и координационное число. Микротвердость стекол повышается с уменьшением радиуса вводимого катиона, а также при замещении одновалентных катионов двухвалентными эквивалентного радиуса. Вместе с тем катионы с 8-электронной внешней оболочкой (Na^+, Ca^{2+}, S^{4+} и P^{5+}) в большей степени повышают микротвердость стекол, чем катионы с 18-электронной внешней оболочкой (Zn^{2+}) [20].

Микротвердость опытных стекол системы $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ изменяется в пределах 3700-4680 МПа.

На рисунке 4 приведено влияние CaO на микротвердость опытных стекол при различном содержании P_2O_5.

Как следует из рисунка 4, с увеличением содержания CaO (величина соотношения Na_2O/CaO уменьшается от 4,6 до 1,2) микротвердость опытных стекол возрастает при различном содержании P_2O_5, составляющем 2,0, 2,5, 3,0 и 3,5 мас. %. Согласно Полингу [21] прочность ковалентных связей

значительно выше, чем ионных, поэтому ионы кальция с более высокой степенью ковалентности связей Ca–O (19%) обеспечивают большую прочность структурной сетке стекла, чем ионы Na^+, связи которых с кислородом более ионные (степень ковалентности 12%) [22].

Следует отметить, что с ростом постоянного содержания P_2O_5 от 2,5 до 3,5 мас. % угол наклона кривых по отношению к оси абсцисс уменьшается. Обращает на себя внимание, что характер наклона кривой с содержанием P_2O_5, равным 2,5 мас. %, не подчиняется общей закономерности.

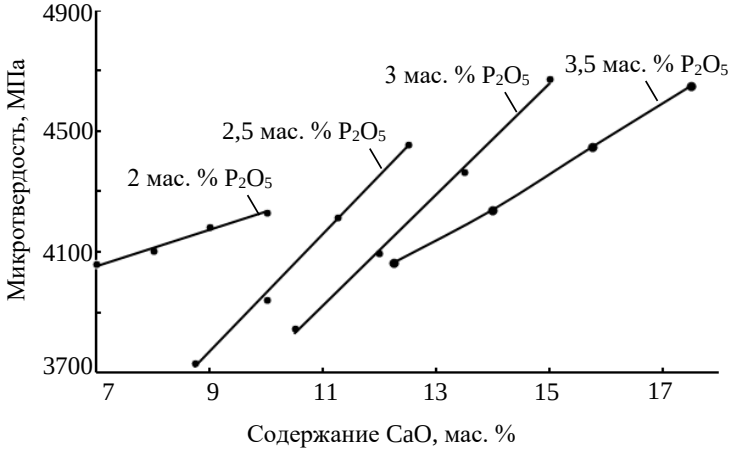


Рис. 4. Влияние CaO, вводимого взамен Na_2O, на микротвердость опытных стекол при различном содержании P_2O_5

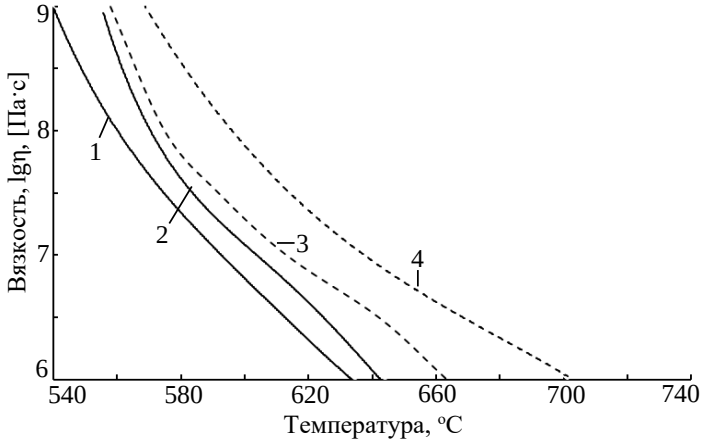
Температурная зависимость вязкости является одним из наиболее важных факторов, связанных с производством и формованием различных типов стекол, и определяет способы формования при производстве изделий на основе разработанных составов стекол [23]. Например, для вытягивания волокна используют «прочные» расплавы (вязкость такого стекла незначительно изменяется в зависимости от температуры [24,25]), в то время как стекла низкокремнеземистых составов образуют хрупкие расплавы, что приводит к заметному увеличению вязкости с понижением температуры [24,26].

По причине склонности большинства биостекол к кристаллизации в диапазоне 10^6-10^3 Па·с, измерение их вязкости не всегда представляется возможным. В связи с этим изучение вязкостных характеристик стекол системы Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5 в настоящей работе осуществлялось в диапазоне значений 10^9-10^6 Па·с.

Определяющую роль в процессах вязкого течения выполняют ковалентные связи, механизм которого состоит в их трансформации без полного разрыва. Кроме того, вязкость стеклообразующих веществ находится в прямой зависимости от плотности упаковки ковалентных связей, поэтому изучение вязкости дает возможность определить характер происходящих в стекле структурных изменений [27].

На рисунке 5 приведено влияние соотношения CaO/P_2O_5 на температурную зависимость вязкости опытных стекол при различном содержании P_2O_5.

Как следует из рисунка 5, с ростом величины соотношения CaO/P_2O_5 от 3,5 до 5,0 температурная зависимость вязкости опытных стекол при постоянном содержании оксида фосфора, составляющем 2,0 и 3,5 мас. %, смещается в область более высоких температур. Данная закономерность, по нашему мнению, вызвана уменьшением доли менее прочных связей –Si–O–Na, чем связи –Si–O–Ca–O–Si–.



——— – 2 мас. % P_2O_5; - - - - - - – 3,5 мас. % P_2O_5
(*1, 3* – CaO/P_2O_5 – 3,5; *2, 4* – CaO/P_2O_5 – 5,0)

Рис. 5. Влияние CaO/P_2O_5 на температурную зависимость вязкости опытных стекол при различном содержании P_2O_5

Ионы натрия и кальция, являясь модификаторами структурной сетки стекла, вызывают снижение степени ее полимеризации и оказывают различное влияние на степень связности структурного каркаса стекла. Ионы кальция, обладающие по сравнению с Na^+ более высокой валентностью и степенью ковалентности связей, участвуют в образовании более разветвленного и прочного структурного каркаса стекла, обуславливая рост показателей вязкости исследуемых стекол [28].

Снижение величины Na_2O/CaO от 4,6 до 1,2 (переход от кривой *1* к кривой *4*) вызывает рост показателей вязкости, что является закономерным. Это связано с тем, что замена одновалентных менее прочных катионов на двухвалентные, обладающие более высокой степенью ковалентности связи с кислородом, способствует повышению не только связности структурной сетки стекла, но и определенной ее жесткости [29].

Вместе с тем, увеличение количества оксида P_2O_5 за счет суммарного содержания (Na_2O+CaO) в пределах от 2 до 3,5 мас. % при постоянных значениях CaO/P_2O_5 3,5 и 5,0 вызывает также некоторый рост показателей вязкости. Это обусловлено повышением степени полимеризации структуры стекла за счет увеличения доли мостиковых атомов кислорода, обуславливающих более высокую степень полимеризации общего структурного каркаса стекла, строительными блоками которого являются тетраэдрические группировки $[SiO_4]$ и $[PO_4]$.

Заключение. В данной работе показано влияние химического состава стекол системы Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5 на устойчивость их

стеклообразного состояния, величину плотности, микротвердости, а также на температурную зависимости вязкости.

Проведенными исследованиями установлено, что определяющее влияние на температурную зависимость вязкости опытных стекол в диапазоне значений 10^9-10^6 Па·с оказывает содержание оксидов CaO и P_2O_5.

Список литературы

1. Babu M.M., Prasad P.S. In vitro bioactivity investigation of ZnO-Na2O-CaO-P2O5-SiO2 bioglass system for medical applications //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2019. – Vol. 2115. – No. 1.
2. Chajri S. et al. Studies on preparation and characterization of SiO2–CaO–P2O5 and SiO2–CaO–P2O5–Na2O bioglasses subtituted with ZnO //J Mater Environ Sci. – 2015. – Vol. 6. – P. 1882-1897.
3. Hench L.L. et al. Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials //Journal of biomedical materials research. – 1971. – Vol. 5. – No. 6. – P. 117-141.
4. Hench L. L., Wilson J. Surface-active biomaterials //Science. – 1984. – Vol. 226. – No. 4675. – P. 630-636.
5. Baino F., Kargozar S. (ed.). Bioactive glasses and glass-ceramics: Fundamentals and applications. – John Wiley & Sons, 2022. – 628 p.
6. Peitl O. et al. Compositional and microstructural design of highly bioactive P2O5–Na2O–CaO–SiO2 glass-ceramics //Acta biomaterialia. – 2012. – Vol. 8. – No. 1. – P. 321-332.
7. Немилов, С.В. Научные основы материаловедения стекол [Текст] / С.В. Немилов. – СПб: Лань, 2018. – 360 с.
8. Blochberger M., Hupa L., Brauer D. S. Influence of zinc and magnesium substitution on ion release from Bioglass 45S5 at physiological and acidic pH //Biomedical glasses. – 2015. – Vol. 1. – P. 93-107.
9. Placek L. M. et al. Characterization of Y2O3 and CeO2 doped SiO2-SrO-Na2O glasses //Biomedical glasses. – 2015. – Vol. 1. – P. 159-172.
10. Hmood F., Goerke O., Schmidt F. Chemical composition refining of bioactive glass for better processing features, part I //Biomedical glasses. – 2016. – Vol. 4. – No. 1. – P. 82-94.
11. Заяц, Н.И. Разработка стеклокристаллических материалов для костного эндопротезирования [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.17.11 / Н.И. Заяц. – Минск: БГТУ, 1997. – 170 с.
12. Павлушкин, Н.М. Практикум по технологии стекла и ситаллов [Текст] / Н.М. Павлушкин, Г.Г. Сентюрин, Р.Я. Ходаковская. – М.: Изд-во лит-ры по строит-ву, 1970. – 512 с.
13. Бережной, А.И. Ситаллы и фотоситаллы [Текст] / А.И. Бережной, Н.А. Торопов. – М.: Машиностроение, 1966. – 348 с.
14. Гулоян, Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла [Текст] / А.Ю. Гулоян. – Владимир: «Транзит-ИКС», 2008. – 736 с.
15. Сивко, А.П. Технология электролампового стекла [Текст] / А.П. Сивко. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2015. – 624 с.
16. Войткевич, Г.В. Справочник по геохимии [Текст] / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990. – 480 с.
17. Волков, А.И. Большой химический справочник [Текст] / А.И. Волков, И.М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005. – 608 с.
18. Du J., Cormack A.N. Atomistic Simulations of Glasses. Fundamentals and Applications. – Hoboken: Wiley, 2022. – 554 p.
19. Mohan Babu M. et al. Investigations on physico-mechanical and spectral studies of Zn2+ doped P2O5-based bioglass system //Journal of Composites Science. – 2020. – Vol. 4. – No. 3. – P. 129.

20. Гласова, М.П. Исследование полупроводниковых стекол, ситаллов и токопроводящих покрытий на основе системы V2O5–B2O3–BaO–CuO [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.17.11 / М.П. Гласова. – Минск: ИОНХ АН БССР, 1997. – 258 с.
21. Полинг, Л.К. Природа химической связи [Текст] / Л.К. Полинг. – М.-Л.: Госхим-издат, 1947. – 438 с.
22. Поваренных, А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов [Текст] / А.С. Поваренных. – Киев: Навукова думка, 1966. – 547 с.
23. Souza M.T. et al. New highly bioactive crystallization-resistant glass for tissue engineering applications //Translational Materials Research. – 2017. – Vol. 4. – No. 1. – P. 014002.
24. Arstila H. et al. Factors affecting crystallization of bioactive glasses //Journal of the European Ceramic Society. – 2007. – Vol. 27. – No. 2-3. – P. 1543-1546.
25. Wallenberger, F.T., Bingham, P.A. Fiberglass and Glass Technology: Energy-friendly Compositions and Applications. – New York: Springer, 2010. – 489 p.
26. Vedel E. et al. Predicting physical and chemical properties of bioactive glasses from chemical composition. Part 1: viscosity characteristics //Glass Technol. – 2008. – Vol. 49. – P. 251-259.
27. Бобкова, Н.М. Вязкость силикатных стевол в связи с условиями их получения [Текст] / Н.М. Бобкова, И.А. Трунец //Стеклообразные системы и новые стекла на их основе: Сборник материалов Всесоюзного совещания. – М.: ВНИИЭСМ, 1971. – С. 327-330.
28. Роусон, Г. Неорганические стеклообразующие системы [Текст] / Г. Роусон. – М.: Мир, 1970. – 312 с.
29. Шелби, Дж. Структура, свойства и технология стекла [Текст] / Дж. Шелби. – М.: Мир, 2006. – 288 с.

Материал поступил в редакцию 20.08.24.

М.В. Дяденко[1], И.А. Левицкий[1], А.С. Глинский[1]

[1]Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск қ., Беларусь Республикасы

$Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ жүйесінің төмен кремнийлі әйнектерінің технологиялық және физика-химиялық қасиеттері

Аңдатпа. Na_2O-CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5 жүйесінің шыны химиялық құрамының олардың фазалық бөлінуіне, тығыздығына, микроқаттылығына және тұтқырлықтың температураға тәуелділігіне әсерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Желілік өзара әрекеттесу факторының (NC) әртүрлі CaO/P_2O_5 қатынасындағы тәжірибелік әйнектердің тығыздығына әсер ету нәтижелері ұсынылған. NC шамасынан тәжірибелік шыны тығыздығының өзгеру сипаты квадраттық функциямен сипатталатыны көрсетілген. Вискозиметрия әдісімен Na_2O/CaO және CaO/P_2O_5 массалық қатынастарының 109-106 Па·с мәндер диапазонындағы тәжірибелік әйнектердің тұтқырлығына әсері зерттелді.

Тірек сөздер: кристалдық фаза, тығыздық, тетраэдрлік топтау, микроқаттылық, байланыс беріктігі, үйлестіру, тұтқырлықтың температураға тәуелділігі, биоактивті шыны, тұтқырлық градиенті.

M. Dyadenko[1], I. Levitskii[1], A. Hlinskii[1]

[1]Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

TECHNOLOGICAL, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF LOW-SILICA GLASSES OF THE $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ SYSTEM

Abstract. The results of studying the effect of the Na_2O/CaO ratio on phase separation, density, microhardness and temperature dependence of viscosity of experimental glasses of the $Na_2O–CaO–ZnO–SiO_2–P_2O_5$ system are presented. The results of the effect of the network interaction factor (NC) on the density of experimental glasses with different CaO/P_2O_5 content are presented. It is shown that the nature of the change in the density of experimental glasses from the NC value is described by a quadratic function. The effect of the Na_2O/CaO and CaO/P_2O_5 mass ratios on the viscosity of experimental glasses in the range of 10^9–10^6 Pa·s was studied in sufficient detail using viscometry. It is shown that the content of calcium and phosphorus oxides has a decisive influence on this indicator.

Keywords: crystalline phase, density, tetrahedral grouping, microhardness, bond strength, co-ordination, temperature dependence of viscosity, bioactive glass, viscosity gradient.

References

1. Babu M.M., Prasad P.S. In vitro bioactivity investigation of ZnO-Na2O-CaO-P2O5-SiO2 bioglass system for medical applications //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2019. – Vol. 2115. – No. 1.
2. Chajri S. et al. Studies on preparation and characterization of SiO2–CaO–P2O5 and SiO2–CaO–P2O5–Na2O bioglasses subtituted with ZnO //J Mater Environ Sci. – 2015. – Vol. 6. – P. 1882-1897.
3. Hench L.L. et al. Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials //Journal of biomedical materials research. – 1971. – Vol. 5. – No. 6. – P. 117-141.
4. Hench L. L., Wilson J. Surface-active biomaterials //Science. – 1984. – Vol. 226. – No. 4675. – P. 630-636.
5. Baino F., Kargozar S. (ed.). Bioactive glasses and glass-ceramics: Fundamentals and applications. – John Wiley & Sons, 2022. – 628 p.
6. Peitl O. et al. Compositional and microstructural design of highly bioactive P2O5–Na2O–CaO–SiO2 glass-ceramics //Acta biomaterialia. – 2012. – Vol. 8. – No. 1. – P. 321-332.
7. Nemilov, S.V. Nauchnyye osnovy materialovedeniya stekol [Scientific foundations of glass materials science]. – St. Petersburg: Lan', 2018. – 360 p. [in Russian].
8. Blochberger M., Hupa L., Brauer D. S. Influence of zinc and magnesium substitution on ion release from Bioglass 45S5 at physiological and acidic pH //Biomedical glasses. – 2015. – Vol. 1. – P. 93-107.
9. Placek L. M. et al. Characterization of Y2O3 and CeO2 doped SiO2-SrO-Na2O glasses //Biomedical glasses. – 2015. – Vol. 1. – P. 159-172.
10. Hmood F., Goerke O., Schmidt F. Chemical composition refining of bioactive glass for better processing features, part I //Biomedical glasses. – 2016. – Vol. 4. – No. 1. – P. 82-94.
11. Zayats, N.I. Razrabotka steklokristallicheskikh materialov dlya kostnogo endoprotezirovaniya [Development of glass-crystalline materials for bone endoprosthetics]: dis. … Candidate Of Technical Sciences: 05.17.11. – Minsk: Belarus State Technical University, 1997. – 170 p. [in Russian].

12. Pavlushkin, N.M., Sentyurin, G.G., Khodakovskaya, R.YA. Praktikum po tekhnologii stekla i sitallov [Practical training in glass and glass-ceramics technology]. – Moscow: Publishing house of literature on construction, 1970. – 512 p. [in Russian].
13. Berezhnoy, A.I., Toropov, N.A. Sitally i fotositally [Sitalls and photositalls]. – Moscow: Mechanical Engineering, 1966. – 348 p. [in Russian].
14. Guloyan, YU.A. Fiziko-khimicheskiye osnovy tekhnologii stekla [Physico-chemical foundations of glass technology]. – Vladimir: “Transit-ICS”, 2008. – 736 p. [in Russian].
15. Sivko, A.P. Tekhnologiya elektrolampovogo stekla [Technology of light bulb glass]. – Saransk: Mordovian University Publishing House, 2015. – 624 p. [in Russian].
16. Voytkevich, G.V., Kokin, A.V., Miroshnikov, A.Ye., Prokhorov, V.G. Spravochnik po geokhimii [Handbook of Geochemistry]. – Moscow: Nedra, 1990. – 480 p. [in Russian].
17. Volkov, A.I., Zharskiy, I.M. Bol'shoy khimicheskiy spravochnik [Large Chemical Handbook]. – Minsk: Modern School, 2005. – 608 p. [in Russian].
18. Du J., Cormack A.N. Atomistic Simulations of Glasses. Fundamentals and Applications. – Hoboken: Wiley, 2022. – 554 p.
19. Mohan Babu M. et al. Investigations on physico-mechanical and spectral studies of Zn2+ doped P2O5-based bioglass system //Journal of Composites Science. – 2020. – Vol. 4. – No. 3. – P. 129.
20. Glasova, M.P. Issledovaniye poluprovodnikovykh stekol, sitallov i to-koprovodyashchikh pokrytiy na osnove sistemy V2O5–B2O3–BaO–CuO [Study of semiconductor glasses, sitalls and conductive coatings based on the V2O5–B2O3–BaO–CuO system]: dis. … Candidate Of Technical Sciences: 05.17.11. – Minsk: Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the BSSR, 1997. – 258 p. [in Russian].
21. Poling, L.K. Priroda khimicheskoy svyazi [The nature of the chemical bond]. – M.-L.: Goskhim-izdat, 1947. – 438 p. [in Russian].
22. Povarennykh, A.S. Kristallokhimicheskaya klassifikatsiya mineral'nykh vidov [Crystallochemical classification of mineral species]. – Kiyev: Navukova dumka, 1966. – 547 p. [in Russian].
23. Souza M.T. et al. New highly bioactive crystallization-resistant glass for tissue engineering applications //Translational Materials Research. – 2017. – Vol. 4. – No. 1. – P. 014002.
24. Arstila H. et al. Factors affecting crystallization of bioactive glasses //Journal of the European Ceramic Society. – 2007. – Vol. 27. – No. 2-3. – P. 1543-1546.
25. Wallenberger, F.T., Bingham, P.A. Fiberglass and Glass Technology: Energy-friendly Compositions and Applications. – New York: Springer, 2010. – 489 p.
26. Vedel E. et al. Predicting physical and chemical properties of bioactive glasses from chemical composition. Part 1: viscosity characteristics //Glass Technol. – 2008. – Vol. 49. – P. 251-259.
27. Bobkova, N.M., Trunets, I.A. Vyazkost' silikatnykh stevol v svyazi s usloviyami ikh polucheniya [Viscosity of silicate stems in connection with the conditions of their production] //Stekloobraznyye sistemy i novyye stekla na ikh osnove [Glassy systems and new glasses based on them]: Collection of materials of the All-Union Conference. – Moscow: VNIIESM, 1971. – P. 327-330. [in Russian].
28. Rouson, G. Neorganicheskiye stekloobrazuyushchiye sistemy [Inorganic glass-forming systems]. – Moscow: Mir, 1970. – 312 p. [in Russian].
29. Shelbi, Dzh. Struktura, svoystva i tekhnologiya stekla [Structure, properties and technology of glass]. – Moscow: Mir, 2006. – 288 p. [in Russian].

ҒТАМР 61.01.94

З.И. Джамалова[1] – *негізгі автор*, ©
Б.М. Калдыбаева[2], А. Жолшыбек[3], А.Е. Хусанов[4], Р.Ш. Абиев[5]

[1]Докторант, аға оқытушы, [2]PhD, доцент, [3]Докторант, оқытушы, [4]Техн. ғылым. канд., доцент, [5]Техн. ғылым. д-ры, профессор

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-1552-8321 [2]https://orcid.org/0000-0002-1570-2107 [3]https://orcid.org/0000-0003-4535-9730 [4]https://orcid.org/0000-0002-1563-6437 [5]https://orcid.org/0000-0003-3571-5770*

[1,2,3,4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[5]Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты (техникалық университет), Санкт-Петербург қ., Ресей

@ *[4]khusanov_1975@inbox.ru*

https://doi.org/10.55956/IOOJ5201

ЕТ ӨҢДЕУ КОМБИНАТЫНЫҢ АҒЫНДЫ СУЛАРЫН ТАЗАЛАУДЫҢ ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада зерттеу нысаны ретінде ет өңдеу комбинатының ағынды суларын тазалау технологиясы мен тазаланған суларды өндіріс орнында қайта пайдалану әдісі қарастырылды. Ет өңдеу өнеркәсібінде әзірленген әдісті іске асыру мысалдары қарастырылды. Зерттеу барысында ет өңдеу саласының ағынды суларын кәдеге жарату әдістемесін енгізу бойынша әлемдегі қазіргі таңдағы жағдай және оның тиімділігі қарастырылды, сонымен қатар, осы мәселе бойынша практикалық және теориялық материалдар сипатталды. Ет өңдеу комбинатының ағынды суларын тазартудың қолданыстағы технологиялық схемасында қайта өңдеу әдісін енгізу нұсқасы ұсынылды. Бұл мақалада тазарту қондырғыларының тиімділігін жоғарылататын технологиялық сұлба ұсынылып отыр және ет өндірісінің ағынды суларын тазартудың құрамы мен әдістері туралы деректерді ақпараттық талдау негізінде бұл мақалада адсорбенттің тұрақты құрылымы бар аппараттың конструкциясы ұсынылды. Жабдықтың төлқұжатынан алынған мәліметтер негізінде ағынды суларды тазарту тиімділігі анықталды. Зерттеудің соңында ағынды суларды тазартудың қолданыстағы технологиялық схемаларына сәтті интеграциялау үшін осы әдісті өндіріс орнындарына енгізудің маңыздылығы туралы қорытынды жасалды.

Тірек сөздер: белсендірілген көмір, қайта өңдеу, климат, өндірістік ағынды сулар, технология, адсорбция, тамақ өндірісі, ет өндірісі, коагулянт, флотатор.

Джамалова, З.И. Ет өңдеу комбинатының ағынды суларын тазалаудың интеграцияланған технологиясы [Мәтін] / З.И. Джамалова, Б.М. Калдыбаева, А. Жолшыбек, А.Е. Хусанов, Р.Ш. Абиев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.293-303. https://doi.org/10.55956/IOOJ5201

Кіріспе. БҰҰ есебіне сәйкес соңғы төрт онжылдықта судың қолдану мөлшері жыл сайын шамамен 1%-ға өсті [1]. Бұл халықтың көбеюі және әлеуметтік-экономикалық даму сияқты факторларға байланысты [2], ағынды сулар салалар бойынша келесідей бөлінеді: тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық – 25%, ауылшаруашылық – 9%, өнеркәсіптік салалар – 63%,

басқа ағынды сулар – 9%. Су объектілеріне ағызар алдында барлық ағынды сулар зиянды заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясына (ШРК) дейін тазартылуы тиіс [3]. Өнеркәсіп секторының ағынды сулары [4] (жеңіл өнеркәсіп, металлургия, целлюлоза-қағаз зауыттары, мұнай өнеркәсібі кәсіпорындары) құрамындағы ең ластанған зиянды заттардың бірі болып табылады [5]. Бұл технологиялық процестің күрделілігіне байланысты [6], ол жыл сайын көбірек суды қажет етеді [7]. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың суды тұтынуын азайту және осылайша ағынды сулардың түзілуін азайту үшін бүкіл әлемде ағынды суларды қайта өңдеу немесе қайта пайдалану технологиясы қолданылады [8]. Мысалы, Оңтүстік Африканың үшінші ірі қаласы болып табылатын Дурбан қаласы [9] 2001 жылдан бастап жеңіл және мұнай өңдеу өнеркәсібінің қажеттіліктері үшін көлемі 32500 м^3 тең ағынды суларды күнделікті тазартады және қайта пайдаланады.

Бұл зерттеу жұмысында ағынды суларды қайта өңдеудің қолданыстағы әдістері де, қайта өңдеуді ет өңдеу комбинатының ағынды суларын тазарту процесіне интеграциялау нұсқасы да қарастырылады. Ет және ет өнімдерін өндіруден қоршаған ортаға келетін зиянды заттардың негізгі үлесі тазартылмаған және жеткіліксіз тазартылған ағынды суларға тиесілі, 1 тонна ет өндіру және өңдеу кезінде 16-20 м^3 ағынды сулар түзіледі. Тазарту қондырғыларының тиімділігін арттыру арқылы қоршаған ортаға теріс әсерді азайту мәселесі қазіргі уақытта тамақ өнеркәсібінде ең өзекті мәселе болып табылады [10].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу барысында ет өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындарында ағынды суларды кәдеге жарату әдістерін енгізу тәсілдері қарастырылды. Бұл бөлімде қолданылған материалдар мен жұмыс барысының сипаттамасы және қолданылған зерттеу әдістері талқыланды [11].

Зерттеудің мақсаты – кәсіпорынның жұмыс істеуінің экологиялық тұрғыдан тазалық дәрежесін қамтамасыз ету үшін тиімді технологияны түзу болып табылады.

Ағын жылдамдығын және адсорбциялық қабат биіктігін өзгерту кезінде сұйық ағынының адсорбциялық қабатпен әрекеттесуін талдау оның гидравликалық кедергісін және адсорбциялық қабаттың көлденең қимасы бойынша жылдамдықтың таралуын анықтауға мүмкіндік береді.

Гидравликалық кедергі коэффициенті Рейнольдс санының функциясы екенін ескере отырып, Эргунның эмпирикалық тәуелділігін (1) үйкеліс шығындары мен жергілікті кедергі шығындарын есепке алатын екімүшелі теңдеу түрінде көрсетуге болады:

$$\Delta P = A \cdot \frac{\mu \cdot a^2}{32 \cdot \varepsilon_0^3} \cdot H \cdot \upsilon + B \cdot \frac{\rho \cdot a}{8 \cdot \varepsilon_0^3} \cdot H \cdot \upsilon^2, \quad (1)$$

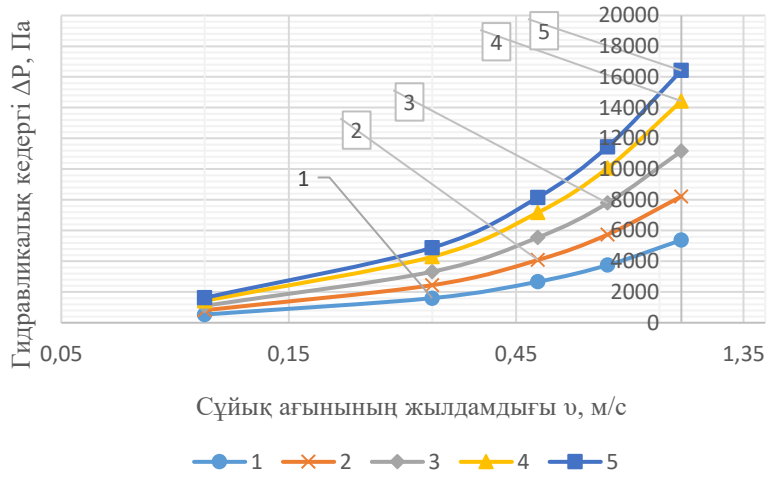
мұнда: H – сұйық ағыны өтетін арналардың сызықтық өлшемі, м; ρ – сұйық ағынының тығыздығы, кг/м^3; μ – динамикалық тұтқырлық коэффициенті, Па·с; υ – сұйық ағынының шынайы жылдамдығы, м/с; ε_0 – қабаттың кеуектілігі; A және B – тәжірибе нәтижелері бойынша анықталатын коэффициенттер; а – сұйық ағынымен шайылатын дисперсті материал қабатының меншікті бетінің ауданы, м^2/м^3.

(1) теңдеудегі A және B коэффициенттерін анықтау үшін типті биномдық интерполяциялық функция:

$$\frac{\Delta P}{H \cdot \upsilon} = A^* + B^* \cdot \upsilon \qquad (2)$$

мұнда, $A^* = A \cdot \frac{\mu \cdot a^2}{32 \cdot \varepsilon^3}$ және $B^* = B \cdot \frac{\rho \cdot a}{8 \cdot \varepsilon^3}$.

Сандық тәжірибенің нәтижелері $\Delta P = f(\upsilon)$ функционалдық тәуелділік түрінде берілген және 1-суретте көрсетілген.



Эксперимент шарттары: белсендірілген көміртекті талшықтары қабатының биіктігі 1 – H = 100 мм кезінде; 2 – H = 150 мм кезінде; 3 – H = 200 мм кезінде; 4 – H = 250 мм кезінде; 5 – H = 300 мм кезінде.

Сурет 1. Белсендірілген көміртекті талшықтарының әртүрлі биіктіктеріндегі *ΔP* гидравликалық кедергісінің сұйықтың шынайы жылдамдығына υ тәуелділігі

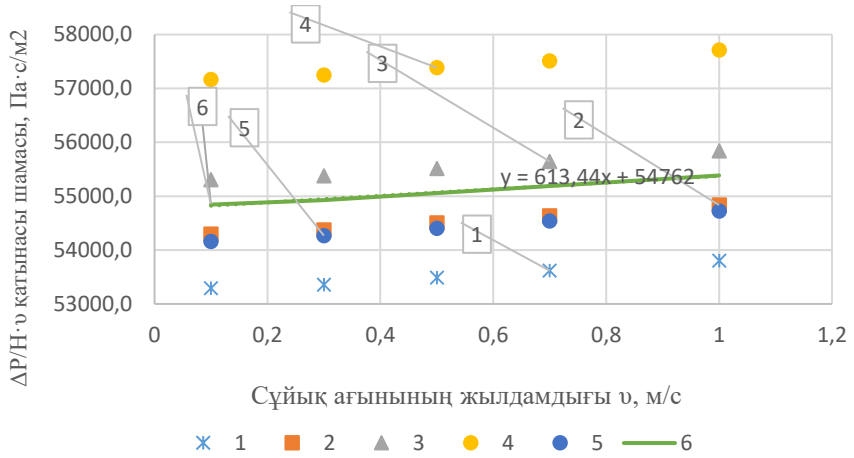
Гидравликалық кедергінің сұйықтың ағынының жылдамдығына тәуелділігі параболалық сипатқа ие (1-сурет), бұл қабаттың гидравликалық кедергісіне тұтқырлық пен инерциялық күштердің де әсер ететіндігімен түсіндіріледі [22].

«*A**» және «*B**» коэффициенттерін (2) тәуелділікте анықтау үшін гидравликалық кедергінің тәжірибелік мәліметтері $\frac{\Delta P}{H \cdot \upsilon} = f(\upsilon)$ тәуелділік түрінде ұсынылды, ол 2-суретте көрсетілген.

«*A**» және «*B**» коэффициенттері графикалық-аналитикалық әдіс арқылы 2-суреттен табылды, содан кейін (2) тәуелділік былай жазылады:

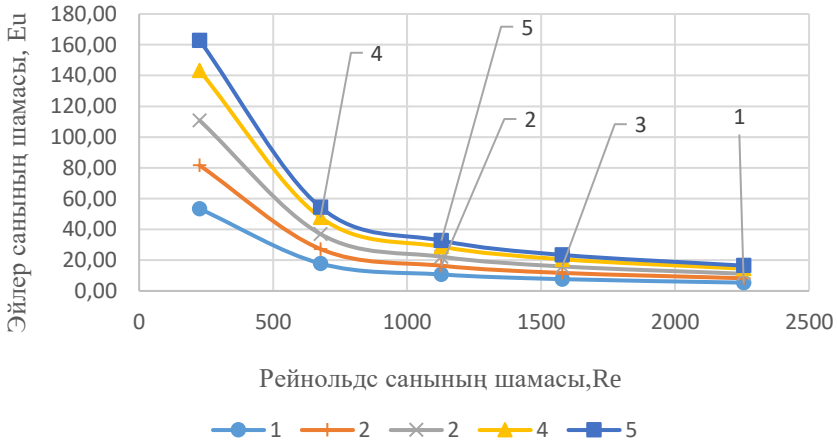
$$\frac{\Delta P}{H \cdot v_0} = 54762 + 613{,}44 \cdot \upsilon \qquad (3)$$

Критериалды теңдеулер түріндегі есептелген тәуелділіктерді алу үшін 1 және 2-суреттерде көрсетілген сандық тәжірибелердің нәтижелері Эйлер санының Рейнольдс санына тәуелділігі түрінде ұсынылды (3-сурет).



Эксперимент шарттары: белсендірілген көміртекті талшықтары қабатының биіктігі 1 – H = 100 мм кезінде; 2 – H = 150 мм кезінде; 3 – H = 200 мм кезінде; 4 – H = 250 мм кезінде; 5 – H = 300 мм кезінде.

Сурет 2. Мақта қалдықтарынан белсендірілген көмір талшықтарының бекітілген қабатының $\frac{\Delta P}{H \cdot \upsilon} = f(\upsilon)$ тәуелділігі



Эксперимент шарттары: белсендірілген көміртекті талшықтары қабатының биіктігі 1 – H = 50 мм кезінде; 2 – H = 100 мм кезінде; 3 – H = 200 мм кезінде; 4 – H = 250 мм кезінде; 5 – H = 300 мм кезінде.

Сурет 3. Белсендірілген көміртекті талшықтарының қозғалмайтын қабатының әртүрлі биіктіктері үшін Эйлер санының Рейнольдс санына тәуелділігі

Мақта сабағынан алынған белсендірілген көміртекті талшықтарының адсорбциялық қабатының гидродинамикасын модельдеу сұйық ағынымен әрекеттесу кезінде қозғалмайтын қабаттың гидравликалық кедергісін болжау және анықтау үшін құнды деректер береді. Сонымен қатар, алынған нәтижелер алдын ала тәжірибелік зерттеулер жүргізбей-ақ мақта сабақтарынан алынған белсендірілген көміртекті талшықтарының адсорбциялық қабатымен сұйық ағынының әрекеттесуі кезінде қысымның

төмендеуін жобалауға жұмсалатын энергия шығындарын болжауды жеңілдетеді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Өнімділігі тәулігіне 150 $м^3$-қа дейінгі өндірістік ағынды суларды жергілікті тазарту құрылғысы Түркістан облысы, Қазығұрт ауданы, Қақпақ аулдық округы мекенжайында орналасқан.

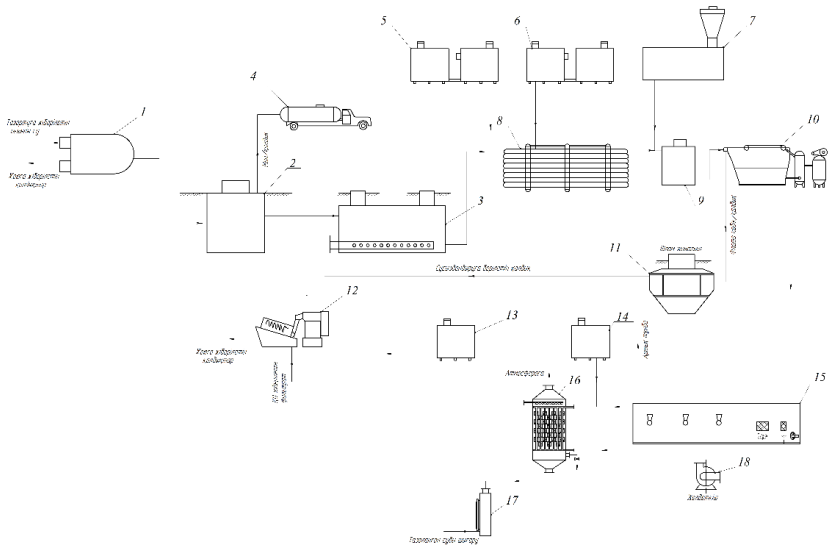
Қазіргі уақытта шаруашылық-тұрмыстық ағынды сулар оқшауланған жинақтағышқа ағызылады да, кейіннен ассенизаторлық машинамен сұйық қалдықтар жиналатын орынға шығарылады. Тазарту қондырғыларында тазалаудан кейін өнімділігі тәулігіне 150 $м^3$ өндірістік ағынды сулар сүзу алаңдарына төгіледі.

Суды пайдалану бағыты бойынша су тұтынудың меншікті нормасы:

– тазалауды қажет ететін технологиялық қажеттіліктер – 65,442 $м^3$;

– шаруашылық-тұрмыстық қажеттіліктер – 19,211 $м^3$.

Бұл зерттеу жұмысында объектінің аумағынан өндірістік ағынды суларды тазарту құрылғысы қарастырылған. Ағынды суларды сүзу алаңшасына шығару арқылы жүзеге асырылады. Жергілікті тазарту құрылғысын салғанға дейін өндірістік ағынды сулар кәрізге ағызар алдында май ұстағыш арқылы өткізілетін болған. Бұл мақалада тазарту қондырғыларының тиімділігін жоғарылататын технологиялық сұлба ұсынылып отыр. Ет өндірісінің ағынды суларын тазартудың жаңартылған технологиялық сұлбасы 4-суретте берілген [12].

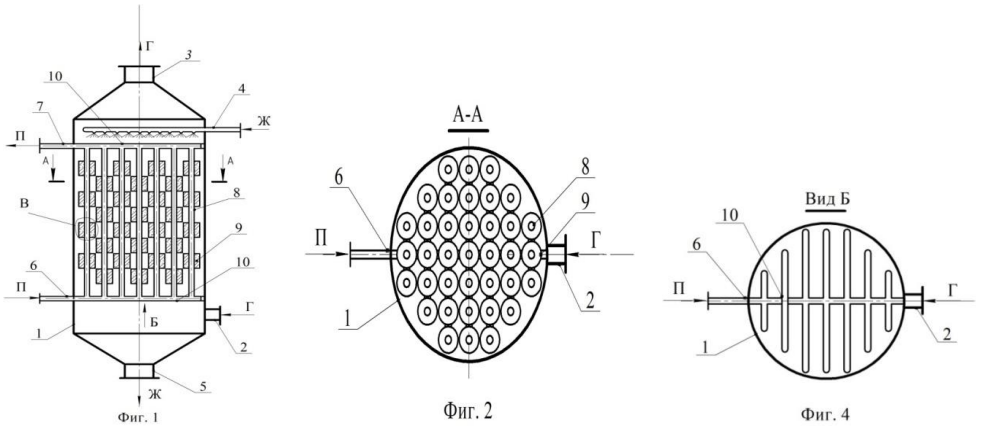


1 – барабанды торлы елек; 2 – май ұстағыш; 3 – барботажды орташалағыш; 4 – ассенизаторлық машина; 5 – ph-реттеуші станция; 6 – коагулянтты дозалаушы қондырғы; 7 – флокулянтты дозалаушы қондырғы; 8 – құбыршалы араластырғыш; 9 – жармалау камерасы; 10 – флотатор; 11 – шламжинағыш; 12 – шнекті тұнбаны сусыздағыш; 13 – флокулянтты дозалаушы қондырғы; 14 – дозалау қондырғысы; 15 – биологиялық тазарту қондырғысы – аэротенк; 16 – адсорбер; 17 – УФ залалсыздандыру қондырғысы.

Сурет 4. Ет өндірісінің ағынды суларын тазартудың жаңартылған технологиялық сұлбасы

4-суреттегі технологиялық схемада көрсетілгендей, желі арқылы өндірістік ағынды сулар *1* барабанды торлы елекке түседі, барабанды торлы електен соң май ұстағышқа *2* жіберіледі, содан кейін олар кәріз сорғы станциясына (КСС) ауырлық күшімен ағып түседі. Тор мен екі сорғы, бір жұмысшы, бір резервтік сорғы КСС-қа орнатылды. КСС-тен ағынды сулар барабан елегіне айдалады. Барабан елегінде үлкен бөлшектер бөлінеді, содан кейін олар қоқыс жәшігінде жиналады.

Ет өндірісінің ағынды суларын тазартудың құрамы мен әдістері туралы деректерді ақпараттық талдау негізінде бұл мақалада адсорбенттің тұрақты құрылымы бар аппараттың конструкциясы ұсынылды, ол 5-суретте берілген [13].



Фиг. 1 Фиг. 2 Фиг. 4

1 – корпус; 2 – регенерациялауға қажет бу; 3 – будың шығуы; 4 – ағынды су кіретін құбырша; 5 – қалдық шығатын құбырша; 6, 7 – құбырша; 8 – саптама; 9 – адсорбент; 10 – тарату торы.

Сурет 5. Сұйықтықтарды өнеркәсіптік адсорбциялауға арналған тұрақты адсорбент құрылымы бар қондырғы

Сұйықтықтарды өнеркәсіптік адсорбциялауға арналған тұрақты адсорбент құрылымы бар қондырғы келесідей жұмыс істейді [14]. Тазартуға түсетін ағынды су *4* құбырша арқылы беріледі. Ауаны енгізу құбыры *2* арқылы берілетін ауа мен сұйықтықтың өзара әрекеттесуі аппараттың қимасында және биіктігі бойынша тұрақты орналасқан *9* адсорбенттен тұратын түйіспелі құрылғы болып табылатын түйіспелі аймақ көлемінде қарсы ағысты режимінде жүреді. Тік және радиалды бағытта жанасу құрылғының көлденең қимасының *2* сызықтық өлшеміне тең қадамдары бар жанасу құрылғылардың орналасуының жүйелілігі жанасу құрылғылардың артында пайда болатын құйындардың өзара әрекеттесуінің бір мезгілде құйындылау режимін (жалпы фазалық режим) құруға әкеледі. Жалпы режимде құйындылардың жалпы қуаты артады, бұл тазартылатын сұйықтықты ұсақтау және жоғары дамыған фазааралық бетті құру бойынша үлкен жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, адсорбенттің тұрақты құрылымы бар аппаратта тазартылатын сұйықтықты адсорбент қабатымен сіңіру процесі жүреді, бұл тазарту тиімділігін арттырады [13].

Ағынды адсорбентпен тазарту дәрежесі төмендеген кезде, тазартылған ағындағы сіңірілетін зат концентрациясының жоғарылауымен көрсетілгендей, адсорбент қабаты регенерацияға ұшырайды. Ол үшін

бастапқы ауаны *2* штуцер арқылы және сұйықтықты *4* штуцер арқылы беру өшіріледі, *6* штуцер арқылы қалпына келтіретін ауа енгізіледі және *9* адсорбентке *8* тарату құбырларына беріледі. Адсорбенттен бөлінген сіңірілетін зат регенерациялаушы агентпен қоспада *5* штуцер арқылы шығарылады [14].

Жабдықтың төлқұжатынан алынған мәліметтер негізінде ағынды суларды тазарту тиімділігін анықталды, ол мәліметтер 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Ағынды суларды тазарту тиімділігі

Ластаушы заттың атауы	Ластаушы заттардың концентрациясы, мг/л (мг/дм^3)		Тазалау тиімділігі
	Тазалауға дейін	Тазалаудан кейін	
Сусымалы заттар	1000	8	99,2
Оттегінің биохимиялық қажеттілігі (БПК)	1000	8	99,8
Оттегінің химиялық қажеттілігі (ХПК)	2000	15	99,25
Майлар	200	0,05	99,975
Сутегі көрсеткіші, pH	6,0-10,0	6,5-8	-

Әрі қарай, рұқсат етілген шығарындылардың нормативтерін есептеу үшін ағынды суларды талдау нәтижелері бойынша алынған нақты нәтижелерді қолданамыз. Ол зерттеу және сынақ нәтижелері М. Әуезов атындағы ОҚУ жанындағы «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» Инженерлік бейіндегі аймақтық сынақ зертханасында алынған. Жергілікті тазарту қондырғыларының паспортында деректер жоқ ластаушы заттар бойынша бастапқы деректер ретінде нақты нәтижелер қабылданды. Алынған нәтижелер 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2

Рұқсат етілген шығарындылардың нормативтерін есептеу

Ластаушы заттың атауы	Ластаушы заттардың концентрациясы, мг/л (мг/дм^3)			Шектік мүмкін концентрация (ПДК), мг/л (мг/дм^3)
	Тазалауға дейін	Тазалау тиімділігі	Тазалаудан кейін	
Сусымалы заттар	1527	99,2	12,216	Фон+0,75
Оттегінің биохимиялық қажеттілігі (БПК)	1100,2	99,8	2,2004	6,0
Оттегінің химиялық қажеттілігі (ХПК)	2000	99,25	15	30,0
Аммонийлі азот	34,4	80	2,04	2,0
Нитриттер	3,68	80	0,736	3,3
Нитраттар	32,4	80	6,48	45,0
Хлоридттер	531,7	80	106,34	350,0
Фосфаттар	11	80	2,2	3,5
Майлар	409,5	99,975	0,102	0,1

Қорытынды. Бұл мақалада тазарту қондырғыларының тиімділігін жоғарылататын технологиялық сұлба ұсынылып отыр. Ет өндірісінің ағынды суларын тазартудың құрамы мен әдістері туралы деректерді ақпараттық

талдау негізінде бұл мақалада адсорбенттің тұрақты құрылымы бар аппараттың конструкциясы ұсынылды.

Эксперимент нәтижесінде тұнба айналымының коэффициенті K = 3 болатын айналмалы ағынды суларды тазартудың тұйық схемасын ұйымдастыру негізгі бақыланатын көрсеткіштердің төмендеуіне ықпал еткені және бейтараптандырғыш заттың аз шығынын қамтамасыз ететін төменгі pH мәндерінде бейтараптандыру процесін жүргізуді қамтамасыз ететіні анықталды.

Қолданыстағы жүйелерде де, зертханалық жағдайда да ағынды суларды кәдеге жарату жүйелерін талдау нәтижесінде аумақта орналасқан ет өңдеу комбинатында кәдеге жаратуды ұйымдастыру ұсынылды.

Осы зерттеудің нәтижелеріне сүйене отырып, келесі қорытынды жасауға болады: ағынды суларды қайта өңдеу технологиясын қолдану ағынды суларды тазарту тиімділігін арттыруы мүмкін, бұл нәтижеге жету үшін бүкіл жүйені кешенді өзгерту қажет етпейді.

Адсорбция процесінің қарқындылығын арттыру бойынша ұсыныстар берілді, ағын суларды тазарту тиімділігін арттыру үшін адсорбенттер ретінде мақта сабақтарынан алынған белсендірілген көміртекті талшықтарды пайдалану ұсынылады, энергия шығындарын азайту үшін адсорбенттер ретінде түйіршіктерінің мөлшері 0,5 мм, адсорбциялық қабатының биіктігі 0,3 м болатыны ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. UN report: water crisis can only be overcome together [Электрондық ресурс]. Қол жетімділік режимі: https://news.un.org/ru/story/2023/03/1438972.
2. Modern methods of wastewater treatment [Электрондық ресурс]. Қол жетімділік режимі: https://www.msulab.ru/knowledge/water/sovremennye-metody-ochistki-stochnykh -vod/.
3. Zharov M., Alekseev S. Application of wastewater recycling in treatment processes //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Vol. 107. – P. 03008.
4. Altieri V.G., De Sanctis M., Sgherza D., Pentassuglia S., Barca E., Di Iaconi C. Treating and reusing wastewater generated by the washing operations in the non-hazardous plastic solid waste recycling process //Journal of Environmental Management. – 2021. – No. 284.
5. Gupta V.K. et al. Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview //Rsc Advances. – 2012. – Vol. 2. – No. 16. – P. 6380-6388.
6. Nahar N., Haque M. S., Haque S. E. Groundwater conservation, and recycling and reuse of textile wastewater in a denim industry of Bangladesh //Water Resources and Industry. – 2024. – Vol. 31. – P. 100249.
7. Liang S. et al. Wastewater reuse and recycling of the steel industry in China: history, current situation, and future perspectives //Water Reuse. – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – P. 162-179.
8. Maura J., Atreya S., Arshi A. The Treatment of Wastewater, Recycling and Reuse //Past, Present, and in the Future, International Journal of Science and Research. – 2022. – No. 7.
9. Feofanov Y.A. The role of liquid recirculation in the operation of biological wastewater treatment facilities //Water and Ecology: Problems and Solutions. – 2019. – No. 4 (80). – P. 79-87.
10. Nikiforov L.L., Dadaev I.H., Shank M.A. Recycling of waste water in meat processing industry – one of the principles of "green" technologies //All About Meat. – 2018. – No. 1. – P. 56-58.
11. Meshalkin V.P., Pochitalkina I.A., Bessolova Y.A., Artamonov A.V. Methodology of organization of closed water rotation of enterprises for production of EFC and mineral fertilizers //Ros. chem. j. – 2022. – No. 3. – P. 23-28.

12. Джамалова, З. Расчет гидравлического сопротивления аппарата с регулярной структурой неподвижного слоя адсорбента: внешняя задача гидродинамики [Текст] / З. Джамалова, Б. Калдыбаева, А. Хусанов, А. Жолшыбек //Труды МНПК «Ауэзовские чтение-19: 30 лет Независимости Казахстана»: Т.8. – Шымкент, 2021. – С. 137-140.
13. Khussanov A.Ye., Jamalova Z. I., Kaldybayeva B.M., Turdybekova D.A., Sabyrkhanov M.D. Hydrodynamics of a device with a regular adsorbent structure for wastewater treatment of textile enterprises //Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'Noi Promyshlennosti. – 2021. – No. 5. – P. 235-241.
14. Джамалова, З.И. Аппарат с регулярной структурой адсорбента [Текст]/ З.И. Джамалова, Б. Калдыбаева, А. Хусанов [и др.] //Патент на полезную модель РК №6233, Заявка № 2021/0123.2. Бюл. №10.

Материал редакцияға 31.08.24 түсті.

З.И. Джамалова[1], Б.М. Калдыбаева[1], А. Жолшыбек[1], А.Е. Хусанов[1], Р.Ш. Абиев[2]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМБИНАТА

Аннотация. В данной статье в качестве объекта исследования были рассмотрены технология очистки сточных вод мясоперерабатывающего комбината и способ повторного использования очищенных вод на месте производства. Рассмотрены примеры реализации разработанного метода в мясоперерабатывающей промышленности. В ходе исследования была рассмотрена текущая ситуация в мире и ее эффективность по внедрению методики утилизации сточных вод мясоперерабатывающей отрасли, а также описаны практические и теоретические материалы по данному вопросу. Предложен вариант внедрения метода переработки в действующей технологической схеме очистки сточных вод мясоперерабатывающего комбината. В данной статье представлена технологическая схема повышения эффективности очистных сооружений и на основе информационного анализа данных о составе и методах очистки сточных вод мясного производства в данной статье представлена конструкция аппарата со стабильной структурой адсорбента. На основании данных, полученных из паспорта оборудования, определена эффективность очистки сточных вод. В конце исследования был сделан вывод о важности внедрения этого метода на производственных объектах для успешной интеграции в существующие технологические схемы очистки сточных вод.

Ключевые слова: активированные угли, переработка, климат, промышленные сточные воды, технологии, адсорбция, производство продуктов питания, производство мяса, коагулянт, флотатор.

Z.I. Dzhamalova[1], B.M. Kaldybaeva[1], A. Zholshybek[1], A.E. Khussanov[1], R.Sh Abiev[2]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint Petersburg, Russia

INTEGRATED WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY OF A MEAT PROCESSING PLANT

Abstract. In this article, the technology of wastewater treatment at a meat processing plant and the method of reuse of purified water at the production site were considered as the object of research. Examples of the implementation of the developed method in the meat processing industry are considered. In the course of the study, the current situation in the world and its effectiveness in implementing the waste water disposal methodology of the meat processing industry were considered, as well as practical and theoretical materials on this issue were described. A variant of the implementation of the processing method in the current technological scheme of wastewater treatment of a meat processing plant is proposed. This article presents a technological scheme for improving the efficiency of wastewater treatment plants and, based on an information analysis of data on the composition and methods of wastewater treatment of meat production, this article presents the design of an apparatus with a stable adsorbent structure. Based on the data obtained from the equipment passport, the efficiency of wastewater treatment was determined. At the end of the study, it was concluded that it is important to implement this method at production facilities for successful integration into existing technological schemes of wastewater treatment.

Keywords: activated carbon, processing, climate, industrial wastewater, technologies, adsorption, food production, meat production, coagulant, flotation device.

References

1. UN report: water crisis can only be overcome together [Electronic resource]. Access mode: https://news.un.org/ru/story/2023/03/1438972.
2. Modern methods of wastewater treatment [Electronic resource]. Access mode: https://www.msulab.ru/knowledge/water/sovremennye-metody-ochistki-stochnykh -vod/.
3. Zharov M., Alekseev S. Application of wastewater recycling in treatment processes //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Vol. 107. – P. 03008.
4. Altieri V.G., De Sanctis M., Sgherza D., Pentassuglia S., Barca E., Di Iaconi C. Treating and reusing wastewater generated by the washing operations in the non-hazardous plastic solid waste recycling process //Journal of Environmental Management. – 2021. – No. 284.
5. Gupta V.K. et al. Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview //Rsc Advances. – 2012. – Vol. 2. – No. 16. – P. 6380-6388.
6. Nahar N., Haque M. S., Haque S. E. Groundwater conservation, and recycling and reuse of textile wastewater in a denim industry of Bangladesh //Water Resources and Industry. – 2024. – Vol. 31. – P. 100249.
7. Liang S. et al. Wastewater reuse and recycling of the steel industry in China: history, current situation, and future perspectives //Water Reuse. – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – P. 162-179.
8. Maura J., Atreya S., Arshi A. The Treatment of Wastewater, Recycling and Reuse //Past, Present, and in the Future, International Journal of Science and Research. – 2022. – No. 7.

9. Feofanov Y.A. The role of liquid recirculation in the operation of biological wastewater treatment facilities //Water and Ecology: Problems and Solutions. – 2019. – No. 4 (80). – P. 79-87.
10. Nikiforov L.L., Dadaev I.H., Shank M.A. Recycling of waste water in meat processing industry – one of the principles of "green" technologies //All About Meat. – 2018. – No. 1. – P. 56-58.
11. Meshalkin V.P., Pochitalkina I.A., Bessolova Y.A., Artamonov A.V. Methodology of organization of closed water rotation of enterprises for production of EFC and mineral fertilizers //Ros. chem. j. – 2022. – No. 3. – P. 23-28.
12. Dzhamalova Z., Kaldybayeva B., Khusanov A., Zholshybek A. Raschet gidravlicheskogo soprotivleniya apparata s regulyarnoy strukturoy nepodvizhnogo sloya adsorbenta: vneshnyaya zadacha gidrodinamiki [Calculation of hydraulic resistance of a device with a regular structure of a fixed adsorbent bed: an external problem of hydrodynamics] // Proceedings of the international scientific and practical conference “Auezovskiye chteniye-19: 30 let Nezavisimosti Kazakhstana” [“Auezov Reading-19: 30 Years of Independence of Kazakhstan”]: Vol. 8. – Shymkent, 2021. – P. 137-140. [in Russian].
13. Khussanov A.Ye., Jamalova Z. I., Kaldybayeva B.M., Turdybekova D.A., Sabyrkhanov M.D. Hydrodynamics of a device with a regular adsorbent structure for wastewater treatment of textile enterprises //Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'Noi Promyshlennosti. – 2021. – No. 5. – P. 235-241.
14. Dzhamalova, Z.I. Kaldybayeva, B., Khusanov, A. et al. Apparat s regulyarnoy strukturoy adsorbenta [Apparatus with a regular adsorbent structure] // Patent for Utility Model of the Republic of Kazakhstan No. 6233, Application No. 2021/0123.2. Bulletin No. 10

МРНТИ 31.21.18

А.С. Унгарбаева[1] – *основной автор*, ©
Е. Тілеуберді[2], Х.И. Акбаров[3],
К.К. Сырманова[4], А.М. Бердалиева[5]

[1]Докторант, ст. преподаватель, [2]PhD, [3]Д-р хим. наук, профессор,
[4]Д-р техн. наук, канд. хим. наук, профессор,
[5]Канд. с.-х. наук, ст. преподаватель

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0006-5936-0360 [2]https://orcid.org/0000-0001-9733-5015
[3]https://orcid.org/0000-0002-3225-2427 [4]https://orcid.org/0000-0002-1468-6440
[5]https://orcid.org/0000-0003-0989-340X

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан
[3]Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Республика Узбекистан
[4]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[5]Центрально-Азиатский Инновационный университет, г. Шымкент, Казахстан

@ *[1]ungarbaeva.aysulu@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/BOCI7541

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ АСФАЛЬТЕНОСОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье приведен обзор процесса коксообразования при термоокислении нефтяных остатков и методы их регулирования. Рассмотрены основные причины коксоотложений, а также сделан анализ химизма окисления углеводородных соединений в нефтяных остатках. Возрастающая доля тяжелых нефтей в общем объеме мировой нефтедобычи, а также необходимость увеличения объемов производства нефтепродуктов обусловливают создание новых способов переработки такого сырья. в связи с дальнейшим углублением переработки нефти поиск путей совершенствования процесса замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков является актуальным, так как именно этот процесс позволяет получать в больших количествах светлые дистилляты из остаточного сырья, а также не менее ценный продукт – кокс.

Ключевые слова: тяжелая нефть, термоокисление, пиролиз, углеводороды, кокс, асфальтены, гудрон.

Унгарбаева, А.С. Особенности образования кокса при термической переработке асфальтеносодержащих систем [Текст] / А.С. Унгарбаева, Е. Тілеуберді, Х.И. Акбаров, К.К. Сырманова, А.М. Бердалиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.304-318. https://doi.org/10.55956/BOCI7541

Введение. Современное состояние мировой топливной промышленности характеризуется утяжелением сырья, вызванным истощением запасов легкой нефти и, как следствие, увеличением доли

добычи тяжелой высоковязкой нефти. Мировые запасы тяжелой нефти составляют 750 млрд. т., что намного превышает ресурсы легкой нефти [1].

Как известно, по доказанным запасам нефти Казахстан занимает 12 место в мире – 3.9 млрд тонн. В 2021 году добыча нефти составила 85.9 млн тонн, в 2022 году – 87 млн тонн, а добыча нефти в Казахстане в 2023 году составила 90 миллионов тонн, что на 6,9% выше показателя 2022 года, сообщил министр энергетики Алмасадам Саткалиев. Ожидается, что добыча нефти после 2024 года может достичь 100 млн.тонн [2].

Крупнейшими проектами по разработке и добычи нефти являются ТОО «Тенгизшевройл» (ТШО), «Норт Каспиан Оперейтинг Компани Б.В.» (НКОК) и «Карачаганак Петролиум Оперейтинг Б.В» (КПО). Структура добычи представлена крупнейшими мировыми компаниями, такими как Chevron (США), ExxonMobil (США), CNPC (Китай), ENI (Италия), Shell (Великобритания), Лукойл (Россия), Total (Франция) и другими.

На сегодняшний день, в связи с истощением запасов легких и средних нефтей, переработка высоковязких тяжелых нефтей является важной и актуальной проблемой для нефтеперерабатывающей промышленности.

Добыча такой нефти довольно дорогостоящий и сложный процесс. И, в связи с тем, что традиционные технологии при этом являются нерентабельными, необходимо разрабатывать новые эффективные схемы переработки тяжелых высоковязких нефтей. В них в большом количестве содержатся асфальтены, смолы, тяжелые металлы и соединения серы. Также они характеризуются высокой вязкостью и плотностью, и высокой коксуемостью. Это все усложняет процессы переработки. Поэтому с экономической точки зрения целесообразно развивать новые технологии, которые позволят получать качественные нефтепродукты с высокой разницей рыночной цены от себестоимости.

Обсуждение научных результатов. *Механизм окисления углеводородных соединений в нефтяных остатках.* Тяжелая нефть содержит значительное количество асфальтеновых компонентов, представляющих собой макромолекулярные соединения, состоящие из агрегатов полициклических ароматических углеводородов, имеющих также боковые алкильные группировки и включающих в себя гетероатомы и металлы [3,4].

Тяжелая нефть и природные битумы имеют плотность, превышающую 920 кг/м^3, и вязкость, достигающую 10000 мПа·с и более. Кроме того, тяжелое углеводородное сырье характеризуются низким содержанием бензиновых и дизельных фракций (не более 30% об.), высоким содержанием гетероатомов (S, N, O), а также высокомолекулярных компонентов: твердых парафинов (до 25% мас.), смол и асфальтенов (до 50% мас.) [5]. Особенности состава и физико-химических свойств обусловливают проблемы переработки тяжелого углеводородного сырья в первую очередь в связи с высоким содержанием асфальтенов, в которых концентрируется основная часть гетероатомов (S, N, O) и металлов (главным образом V и Ni) исходного сырья. Кроме того, элементный состав тяжелых нефтяных систем характеризуется низким отношением H/C, определяя их склонность к образованию кокса. Следует отметить, что при рассмотрении проблем и перспектив нефтепереработки к тяжелому углеводородному сырью, помимо нативных тяжелых и битуминозных нефтей, относятся остатки атмосферной и вакуумной перегонки – мазуты и гудроны, асфальто-смолистые концентраты и т. п., также имеющие высокое содержание асфальтенов [6].

В процессах нефтепереработки асфальтены становятся прекурсорами коксообразования, а также служат причиной необратимой дезактивации катализаторов. В связи с этим нефть с высоким содержанием асфальтенов считается нежелательным сырьем нефтепереработки при получении качественных нефтепродуктов, таких как светлые дистилляты и углеродные материалы.

Снижение запасов и объемов добычи маловязких, так называемой «легкой» нефти во многих нефтедобывающих регионах мира, в том числе и российских, вызывает необходимость вовлечения в хозяйственный оборот нетрадиционных, сравнительно новых для нефтепереработки источников углеводородного сырья, в первую очередь – тяжелой нефти и природных битумов. Россия считается третьей после Канады и Венесуэлы страной по запасам тяжелых углеводородных ресурсов, которые, по различным оценкам, составляют 6,3-13,4 млрд. тонн [7].

Возрастающая доля тяжелой нефти в общем объеме мировой нефтедобычи, а также необходимость увеличения объемов производства нефтепродуктов обусловливают создание новых способов переработки такого сырья. Эти процессы должны быть направлены на увеличение выхода дистиллятных фракций для последующего производства моторных топлив и масел. Однако тенденция к увеличению доли добычи тяжелой нефти вызывает необходимость разработки оптимальных методов ее переработки, что, в частности, касается асфальтеновых компонентов. В связи с этим актуальной задачей для исследований стало изучение структуры, физико-химических и других свойств асфальтенов.

Множество работ было направлено на изучение структурных особенностей асфальтенов. Так, например, в работе [3,5] была предпринята попытка охарактеризовать асфальтены с помощью комплексного анализа с использованием эксклюзионной хроматографии, матрично-активированной лазерной ионизации, ядерного магнитного резонанса и рентгеноструктурного анализа. Также методом микрокалориметрии определялась энергия взаимодействия асфальтенов со смолистой сольватной оболочкой [8]. В работе [9] сравнивались асфальтеновые отложения, осажденные в различных условиях. Кроме того, в последние годы значительный интерес вызывает определение кинетических параметров разложения высокомолекулярных нефтяных остатков. В частности, в различных работах определялись константы скорости реакции и энергия активации пиролитического разложения асфальтенов при разных температурах [10-11] и их зависимость от химического состава и характеристик исходной нефти [12-14].

Тем не менее на сегодняшний день литературные источники содержат недостаточно информации о термодинамических параметрах пиролиза нефтяных асфальтенов, таких как энтропия, энтальпия и энергия Гиббса, а также о параметрах термолиза смесей высокомолекулярных компонентов тяжелой нефти – остатков атмосферной и вакуумной перегонки. Исследования термодинамических функций представляют ценность при моделировании и оптимизации высокотемпературных процессов нефтепереработки и могут быть использованы для определения различий в свойствах асфальтенов, полученных из исходной нефти и ее остатков.

При осуществлении промышленных термических процессов переработки нефтяного сырья следует учитывать его термостабильность. Она определяется групповым химическим и фракционным составом этого сырья.

При близком групповом химическом составе сырья его термостабильность будет снижаться по мере утяжеления фракционного состава.

Для разных НДС неодинаково характерно влияние их состава на термическое разложение. Например, чем длиннее и сложнее молекулы соединений, содержащихся в масляных фракциях, тем легче они разлагаются под действием высокой температуры [15]. Известно, что термическая устойчивость соединений повышается в ряду н-алканы – изоалканы – циклоалканы – ароматические – нафтеноароматические – полициклические ароматические углеводороды.

Опыты по выявлению термоустойчивости нефтяных остатков описаны в [16], их проводили на установке высокотемпературного нагрева. За критерий термоустойчивости принимали время, в течение которого установка работала без повышения давления. Условия опытов: температура на выходе из реактора 490°С, давление на входе в реактор 2,5 МПа. При возрастании давления до 3,5 МПа вследствие закоксовывания змеевиков реактора опыт прекращали. В таблице 1 приведены результаты термоустойчивости нефтяных остатков и их смесей.

Наименьшей термоучтойчивостью обладает смола пиролиза, наибольшей – экстракт от селективной очистки остаточного масла. Обогащение сырья ароматическими углеводородами значительно повышает его термическую стабильность [17].

Таблица 1

Термоустойчивость нефтяных остатков и их смесей

Нефтяные остатки	Время, мин.
Гудрон	240
Крекинг остаток	180
Смола пиролиза	120
Смола пиролиза: экстракт	
90:10	210
72:25	270
50:50	300
35:65	270
Крекинг остаток: экстракт	
90:10	270
72:25	330
50:50	360
35:65	300

Скорость разложения соединений возрастает с повышением температуры и в определенных температурных интервалах (400-450°С) подчиняется закону Ван-Гоффа, согласно которому с повышением температуры на каждые 10°С скорость реакций разложения увеличивается в 2 раза [18].

Окисление компонентов нефтяных остатков – исключительно сложный процесс, развитие которого в различных направлениях определяется как конкретными условиями эксплуатации, так и химическим составом продукта. Первичными продуктами окисления углеводородных соединений являются гидроперекиси. Процесс развивается по радикально-цепному механизму, и, таким образом, его можно считать автокаталитическим. Гидроперекиси в дальнейшем разлагаются и превращаются в другие кислородсодержащие

соединения. В реакции окисления вовлекаются все новые и новые компоненты. Некоторые продукты окисления распадаются с разрывом углеродной цепи. Одновременно развиваются и реакции конденсации и окислительной полимеризации. Состав продуктов превращения все время изменяется и обогащается новыми веществами. В результате в зависимости от условий и химического состава в окисленном остатке могут накапливаться следующие продукты: низкомолекулярные и высокомолекулярные кислоты, оксикислоты, спирты, альдегиды, кетоны, фенолы и другие вещества. Образующиеся оксикислоты дают начало сложным эфирам и непредельным кислотам. Окислительная полимеризация фенолов и других ароматических производных и конденсация альдегидов и кетонов приводит к накоплению смол, асфальтенов, асфальтогеновых кислот, карбенов и карбоидов. Механизм окисления углеводородов, намеченный результатами многочисленных исследований, с достаточной определенностью охватывается рядом теорий. Самой распространенной является пероксидная теория окисления [19,20]. Основное положение этой теории заключается в том, что при автоокислении кислород присоединяется к окисляемому телу в виде целой молекулы, переходящей при этом в активное состояние. Образующиеся при окислении перекиси содержат группу – О – О – , в которой половина кислорода находится в слабосвязанном активном состоянии, и легко реагирует с другими веществами. Они могут окислять как исходное, так и другие вещества. Неоднократно наблюдалось, что при добавлении перекисей резко ускоряется окислительный процесс. Таким образом реакция окисления, проходящая через образование перекисей является автокаталитической и идет по радикально-цепному механизму.

Под цепными обычно понимаются такие реакции, в результате которых, наряду с конечными продуктами, всегда образуются активированное исходное вещество или нестойкие промежуточные соединения. Энергия, получающаяся в результате химической реакции, при цепном процессе не рассеивается равномерно между всеми молекулами, а передается в большей части какой-либо из них, тем самым активируя ее. Благодаря этому реакция многократно повторяется, под влиянием лишь незначительного толчка извне.

Выяснение причины и установление механизма этих нежелательных явлений в сложных смесях углеводородных соединений может быть дано лишь на основании изучения окисляемости индивидуальных компонентов различных классов и типов структуры, а также простых смесей этих соединений. Только глубокое изучение природы и механизма окисления может привести к рациональному подбору:

1) добавок и компонентов в целях исправления качества масел из природных нефтей;

2) структур индивидуальных компонентов и других соединений в целях составления синтетических масел [21].

При низкотемпературном окислении в жидкой фазе первичные продукты окисления способны как на дальнейшее окисление в сторону продуктов кислого характера, так и на глубокую полимеризацию в сторону смолистых веществ [19]. Установлено, что при монотонном возрастании температуры размягчегия в зависимости от продолжительности окисления, взаимные превращения углеводородов вероятнее всего происходят по схеме (рис. 1).



Рис. 1. Превращения углеводородов в зависимости от продолжительности окисления

Установление строения последних представляет значительные трудности. Фармер объясняет механизм образования смол через перекиси, как конденсацию последних с углеводородами в сторону образования диалкилперекисей, в свою очередь дающих новые перекиси, продолжающие цепную реакцию конденсации [20,21]. Склонность к химическим превращениям зависит от состава нефтяного остатка и прежде всего от наличия легкоокисляющихся групп и связей в молекулах. Окисляемость высокомолекулярных углеводородов подробна была изучена Н.И. Черножуковым и С.Э. Крейном [21]. На основании обширного экспериментального материала об исследованиях окисляемости искусственных смесей углеводородов пришли к выводу, что ароматические углеводороды, находясь в смеси с нафтеновыми, защищают последние от окисления, причем степень их влияния зависит от строения и концентрации в смеси. Тормозящее действие ароматических углеводородов авторы объясняют антиокислительными свойствами продуктов их окисления. Основные выводы из этих работ можно конкретизировать в следующих положениях:

– *нафтеновые углеводороды* легко вступают в реакции окисления при повышенных температурах и подвержены окислительному воздействию кислорода, причем окисляесмость их возрастает с повышением среднего молекулярного веса фракций. Ароматические углеводороды в определенных концентрациях тормозят окисление нафтенов. Окисление легче всего идет по месту присоединения боковых цепей или соприкосновения циклов, то есть по месту третичного атома углерода. Наличие четвертичного атома углерода, особенно в конце боковой цепи, увеличивает стойкость углеводорода против окисления. Присоединение кислорода сопровождается разрывом кольца. Чем выше молекулярная масса, больше число циклов, короче и разветвленнее боковые цепи, тем легче идет окисление, главными продуктами которого являются кислоты и оксикислоты. Наиболее стабильны по отношению к кислороду нафтены с небольшим числом циклов и длинными боковыми цепями. Продуктами окисления являются в основном кислоты и оксикислоты и лишь в незначительных количествах имеются продукты уплотнения как результат конденсации первичных продуктов окисления (альдегидов, каетонов).

– *ароматические углеводороды* в целом менее склонны к окислению, чем нафтены. По мере увеличения молекулярной массы, числа циклов стойкость к окислению уменьшается. Наличие боковых цепей резко увеличивает возможность окисления. Так же, как и у нафтеновых углеводородов, легче всего окисление идет при наличии в цепи третичного атома углерода. Системы с конденсированными бензольными кольцами более устойчивы, чем углеводороды рядов дифенил- и трифенилметана. Окисление идет, как правило, без разрыва ароматического кольца. Поэтому за счет окисления боковых цепей образуются в основном кислоты, а

ароматические ядра окисляются до фенолов, фенолокислот и ароматических кислот, которые в дальнейшем уплотняются в смолистые продукты.

– *гибридные нафтеноароматические системы* с боковыми парафиновыми цепями активно реагируют с кислородом и образуют за счет нафтеновых колец и боковых цепей преимущественно кислые продукты окисления, а за счет ароматической части молекулы – продукты конденсации. При окислении углеводородов этого типа или смесей углеводородов различного строения в первую очередь действие кислорода направляется на боковые цепи, затем окисляются нафтеновые кольца и уже под конец ароматические.

– при окислении *смесей углеводородов* ароматические углеводороды оказывают тормозящее действие на реакции окисления нафтенов. Это объясняется тем, что продукты окисления ароматических углеводородов – фенолы – обладают антиокислительными функциями [25,26].

– *парафиновые углеводороды* при окислении, в отличие от непредельных и ароматических, образуют мало продуктов уплотнения, давая преимущественно низкомолекулярные кислые и нейтральные продукты окисления [22].

При термической переработке выделенных из остаточных нефтепродуктов асфальтенов выделяется кокс, летучие (испаряющиеся при данной температуре) продукты и 5±3% мас. суммы масел и смол – продуктов легче исходных асфальтенов, но не испаряющихся при данной температуре.

Из литературных данных [23-25] следует, что асфальтены при термопереработке непосредственно крекируются и агрегируются по схеме (рис. 2).

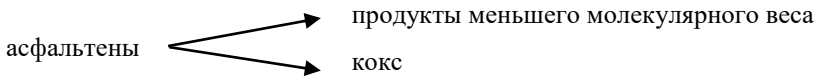


Рис. 2. Схема крекирования и агрегации асфальтенов при термообработке

Кинетика разложения асфальтенов, свойства образующихся карбенов, карбоидов и продуктов меньшего молекулярного веса описаны следующей схемой радикально-цепной. Например, по следующей схеме с образованием устойчивого радикала (рис. 3):

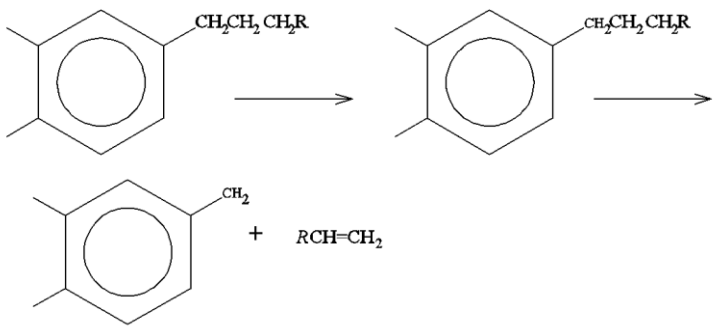


Рис. 3. Образоване устойчивого радикала после изомеризации

1. A (молекула асфальтенов) → $Å_1$+ Ṙ реакция инициирования цепей.

В молекулах асфальтенов слабейшей связью является связь типа $ArCH_2$-*R* и при распаде при реакции образуются устойчивые радикалы бензольного типа, у которых свободная валентность сопряжена с системой π-электронов конденсированных ароматических колец.

Реакция продолжения цепи:

2. $Å_1$ + A → $A_1Å$

Конденсированные ароматические соединения обладают высоким сродством к радикалам, увеличивающимся с ростом числа конденсированных колец (табл. 2).

Радикал $A_1Å$ после изомеризации распадается с отщеплением стабильных молекул:

3. $A_1Å$ → $A_1Å_1$+*M*

Таблица 2

Относительная скорость присоединения метильных радикалов к молекулам ароматических и непредельных соединений

Наименование соединения	Относительная константа скорости реакции присоединения (константа скорости реакции $ĊH_3+C_6H_6$ → $CH_3Ċ_6H_6$ принята за 1)
Бензол	1
Этилен	85
1,3-бутадиен	5225
Нафталин	2
Антрацен	820
Нафтацен	9250

При повторении реакций:

а. $A_1Å_1$+A → $A_1A_1Å$,

б. $A_1A_1Å$ → $A_1A_1Å_1$+*M*

Образуются высокомолекулярные продукты конденсации, более ароматизованные, чем исходные асфальтены за счет отщепления неароматизованных и малоароматизованных молекул *M*.

Судя по молекулярному весу карбенов (115000-140000), длина цепи, приводящая к образованию $(A_1)_x$, более 100 звеньев и несколько снижается с увеличением температуры.

Молекулы $(A_1)_x$ и радикалы $(Å_1)_x$ содержат те же структуры, что и асфальтены, и вступают в те же реакции, что и приводит в основном к образованию сшитого полимера – карбоидов, небольшая часть продуктов поликонденсации остается в виде линейного полимера – карбенов.

Термолиз асфальтенов в растворах имеет совершенно другой характер, кинетика коксообразования определяется в значительной степени свойствами растворителя [26,27]. В таблице 3 приведены результаты термолиза асфальтенов из крекинг-остатка в растворах антраценового масла – высокоароматизированного продукта, являющегося очень хорошим растворителем асфальтенов.

При повышении температуры растворимость асфальтенов в малоароматизованном растворителе снижается, происходит выделение капель второй жидкой фазы – асфальтенов, которые, имея значительно большую плотность, оседают, на дне реактора образуется слой асфальтенов,

который коксуется. При высокой температуре медленно оседающие мелкие капли успевают закоксовываться, образуя шарообразные частицы кокса.

Таблица 3

Образование кокса при переработке асфальтенов из крекинг-остатка в растворах антраценового масла

Температура, °С	Продолжительность, минут	Концентрация асфальтенов в растворе, % мас.	Выход кокса, % мас. на исходные асфальтены
380	60-240	5-40	Следы
380	60	50	20,0
380	120	50	25,5
380	180	50	31,6
380	240	50	47,2
410	60	10-50	Следы
410	60	60	6,1
410	60	70	41,2

Таким образом, образование кокса происходит только при наличии фазы асфальтенов, образующейся в плохих растворителях в результате осаждения асфальтенов, в хороших – при застудневании раствора.

Влияние свойств растворителя на выделение фазы асфальтенов существенно меняется при относительно небольшом изменении его состава.

В таблице 4 приведены данные по термолизу асфальтенов в смеси антраценового масла с парафином, являющимся антирастворителем (осадителем) асфальтенов.

Таблица 4

Выход кокса при термическом разложении асфальтенов в растворах смесей антраценового масла с парафином

Температура, °С	Продолжительность термолиза, час	Состав раствора, % мас.			Выход кокса, % мас. на исходные асфальтены
		Асфальтены	Парафины	Антраценовое масло	
380	1	10	0	90	0
380	1	10	10	80	0
380	1	10	20	70	19,9
410	0,5	10	0	90	0
410	0,5	10	30	60	10,3

Содержание 22,2% мас. парафина в смеси с антраценовым маслом при 380°С и 33,3% мас. при 410°С приводит к осаждению асфальтенов, и коксообразование идет так же, как в плохом растворителе асфальтенов. С другой стороны, термолиз асфальтенов из битума деасфальтизации, относительно малоароматизованных, в трансформаторном масле, идет как в хорошем растворителе, пороговая концентрация асфальтенов в растворе, при которой образуется кокс, при 410°С равна 55% мас. Образование кокса при термическом разложении нефтяных смол происходит по схеме (рис. 4).

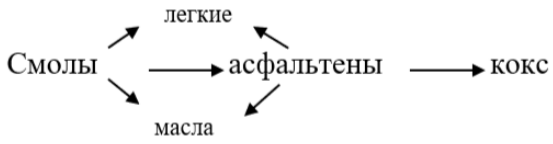


Рис. 4. Схема образования кокса при термическом разложении смол

Кокс образуется только при достижении некоторой пороговой концентрации асфальтенов в растворе – 50% мас. при 380°С и 60% мас. при 410°С; при концентрации асфальтенов меньшей пороговой, кокс не образуется [20,23].

При термическом разложении асфальтенов из крекинг-остатка в растворах трансформаторного масла, малоароматизованного продукта, плохом растворителе асфальтенов, коксообразование происходило при любой концентрации асфальтенов. При температурах 390°С асфальтены осаждались на дне автоклава и далее коксовались. При 410°С из жидкой фазы после коксования отфильтровывались шарообразные частицы кокса.

Однако кокс начинает образовываться только при достижении максимального выхода асфальтенов, что не соответствует обычным закономерностям последовательных реакций.

При термическом разложении смол в открытой системе, с отводом легких продуктов разложения, испаряющихся при температуре реакции, выходы продуктов реакции меняются с увеличением времени реакции [28, 29]. Эти нефтяные остатки характеризуются сложным химическим составом и агрегатным состоянием отдельных компонентов, строением, свойствами и размерами частиц структурных образований, уровнем молекулярного взаимодействия в системе [30].

Преобразование компонентов исходного сырья происходит в результате последовательно–параллельных реакций, протекающих преимущественно по радикально-цепному механизму. Однако кокс начинает образовываться только при достижении максимального выхода асфальтенов, что не соответствует обычным закономерностям последовательных реакций.

При термическом разложении смол в открытой системе, с отводом легких продуктов разложения, испаряющихся при температуре реакции, выходы продуктов реакции меняются с увеличением времени реакции [31]. Анализ реакций, типичных для термических процессов показывает, что термодинамическая вероятность их протекания возрастает с повышением температуры.

Заключение. Современное состояние мировой нефтяной промышленности показывает, что запасы легкого углеводородного сырья уже в ближайшей перспективе будут не способны в полной мере удовлетворить спрос на светлые нефтепродукты.

Одной из важнейших характеристик асфальтенов является термическая стабильность, обусловливающая их реакционную способность и особенности взаимодействия с компонентами нефти в деструктивных процессах. Термическая стабильность и направленность превращений асфальтеновых молекул зависят от их химической природы и структурной организации. Несмотря на многочисленные исследования данных аспектов до сих пор остаются открытыми вопросы, связанные с качественным и количественным составом асфальтеновых молекул, их структурными особенностями,

установления общих законов, описывающих взаимосвязь структура-свойство, а также с избыточное коксообразование, приводящее к осаждению кокса на катализаторе и закупорке устьев пор, вследствие чего снижается активность катализатора и ограничивается глубина превращения сырья.

Получение комплексных систематизированных данных о закономерностях термических превращений асфальтенов является необходимым условием для разработки прогрессивных технологий рационального использования тяжелой нефти, которые должны основываться на детальном изучении свойств, состава, молекулярной и надмолекулярной структуры асфальтенов, а также их поведения в термических, термокаталитических и гидрогенизационных процессах облагораживания тяжелого углеводородного сырья.

Список литературы

1. Вьюков М.Г. К вопросу о мировых тенденциях в добыче нефти [Текст] / М.Г. Вьюков //Вопросы отраслевого управления. – 2016. – № 3. – С. 49-59.
2. Койшекен Б.Т. Современное состояние углеводородных ресурсов Казахстана //Современная техника и технологии. – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://technology.snauka.ru/2013/02/1634. Дата обращения: 14.07.2023.
3. Kapustin V.M., Glagoleva V.F. Physicochemical aspects of petroleum coke formation (Review) //Petroleum Chemistry. – 2016. – Vol. 56. – No 1. – P. 1-9.
4. Магарил, Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти [Текст]: учебное пособие для вузов / Р.З. Магарил. – М.: Книжный дом «Университет», 2016. – 280 с.
5. Хаджиев, С.Н. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки [Текст] / С.Н. Хаджиев, М.Я. Шпирт. – М.: Наука, 2012. – 222 с.
6. Анчита, Х. Переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков. Гидрогенизационные процессы [Текст] / Х. Анчита, Дж. Спейт. – СПб.: Профессия, 2012. – 384 с.
7. Абукова Л.А. Перспективы развития нефтегазового комплекса России [Текст] / Л.А. Абукова, В.Л. Шустер //Экспозиция нефть газ. – 2016. – № 7. – С. 12-15.
8. Du H. et al. Effects of the temperature and initial hydrogen pressure on the isomerization reaction in heavy oil slurry-phase hydrocracking //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 2. – P. 626-633.
9. Халикова Д.А. Обзор перспективных технологий переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов [Текст] / Д.А. Халикова, С.М. Петров, Н.Ю. Башкирцева //Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 3. – С. 217-221.
10. Liu M. et al. Transformation of sulfur compounds in the hydrotreatment of supercritical fluid extraction subfractions of Saudi Arabia atmospheric residua //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 2. – P. 702-710.
11. Hurt M.R. et al. Comparison of the structures of molecules in coal and petroleum asphaltenes by using mass spectrometry //Energy & fuels. – 2013. – Vol. 27. – No. 7. – P. 3653-3658.
12. Tang W. et al. Structural comparison of asphaltenes of different origins using multi-stage tandem mass spectrometry //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 3. – P. 1309-1314.
13. Петрова Л.М. Фракционирование асфальтенов из тяжелой нефти полярным растворителем и их характеристика [Текст] / Л.М. Петрова, Н.А. Аббакумова, И.М. Зайдуллин, Д.Н. Борисов //Нефтехимия. – 2013. – Т. 53. – № 2. – С. 94-100.
14. Корзун, Н.В. Термические процессы переработки нефти [Текст] / Н.В. Корзун, Р.З. Магарил. – М.: КДУ, 2008. – 96 с.

15. Wang F. et al. Coke formation of heavy oil during thermal cracking: New insights into the effect of olefinic-bond-containing aromatics //Fuel. – 2023. – Vol. 336. – P. 127138.
16. Jin X. et al. Insights into coke formation during thermal reaction of six different distillates from the same coal tar //Fuel Processing Technology. – 2021. – Vol. 211. – P. 106592.
17. Лесин В.И. Окислительный крекинг нефти пероксидом водорода в присутствии наночастиц оксида железа [Текст] / В.И. Лесин, С.В. Лесин, Е.В. Иванов //Наногетерогенный катализ. – 2017. – Т. 2. – №. 1. – С. 38-42.
18. Speight, J.G. The chemistry and technology of petroleum. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 953 p.
19. Капустин, В.М. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти [Текст] / В.М. Капустин. – М.: КолосС, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. – 459 с.
20. Сироткина, Л.В. Справочник по химии [Текст]: справочное пособие / Л.В. Сироткина, Р.О. Сироткин. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 99 с.
21. Нефтегазовая промышленность. Смолистый комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://neftelib.ru›neft-slovar-list/s/397/index.shtml.
22. Петрова А.В. Реакционная способность новых пространственно-затруднённых фенолов в качестве ингибитора окисления 1,4-диоксана [Текст] / А.В. Петрова, Г.Г. Гарифуллина //Молодой ученый. – 2017. – № 3 (137). – С. 24-27.
23. Evdokimov I.N., Fesan A.A., Losev A.P. New answers to the optical interrogation of asphaltenes: Monomers and primary aggregates from steady-state fluorescence studies //Energy & Fuels. – 2016. – Vol. 30. – No. 6. – P. 4494-4503.
24. McKenna A. M. et al. Heavy petroleum composition. 3. Asphaltene aggregation //Energy & fuels. – 2013. – Vol. 27. – No. 3. – P. 1246-1256.
25. Копытов М.А. Изменения структурно-групповых характеристик смол и асфальтенов тяжелых нефтей в процессе первичной переработки [Текст] / М.А. Копытов, А.К. Головко //Нефтехимия. – 2017. – Т. 57. – № 1. – С. 41-48.
26. Liu B. et al. Mechanism of asphaltene aggregation induced by supercritical CO 2: insights from molecular dynamics simulation //RSC advances. – 2017. – Vol. 7. – No. 80. – P. 50786-50793.
27. Chacón-Patiño M.L. et al. Tracing the compositional changes of asphaltenes after hydroconversion and thermal cracking processes by high-resolution mass spectrometry //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 10. – P. 6330-6341.
28. Гринько А.А. Термолиз нефтяных асфальтенов и их фракций [Текст] / А.А. Гринько, А.К. Головко //Нефтехимия. – 2014. – Т. 54. – № 1. – С. 43-48.
29. Alkhaldi S., Husein M. M. Hydrocracking of heavy oil by means of in situ prepared ultradispersed nickel nanocatalyst //Energy & fuels. – 2014. – Vol. 28. – No. 1. – P. 643-649.
30. Mahapatra N. et al. Pyrolysis of asphaltenes in an atmospheric entrained flow reactor: A study on char characterization //Fuel. – 2015. – Vol. 152. – P. 29-37.
31. Guo A. et al. Investigation on shot-coke-forming propensity and controlling of coke morphology during heavy oil coking //Fuel processing technology. – 2012. – Vol. 104. – P. 332-342.

Материал поступил в редакцию 05.09.24.

А.С. Унгарбаева[1], Е. Тілеуберді[2], Х.И. Акбаров[3], К.К. Сырманова[4], А.М. Бердалиева[5]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]Мирзо Ұлықбек атындағы Өзбекстан ұлттық университеті, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы
[4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[5]Орталық Азия Инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ҚҰРАМЫНДА АСФАЛЬТ БАР ЖҮЙЕЛЕРДІ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ КЕЗІНДЕ КОКС ТҮЗІЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада мұнай қалдықтарының термо тотығуындағы кокс түзілу процесіне және оларды реттеу әдістеріне шолу берілген. Кокс шөгінділерінің негізгі себептері қарастырылып, мұнай қалдықтарындағы көмірсутек қосылыстарының тотығу химиясы талданды. Әлемдік мұнай өндірудің жалпы көлеміндегі ауыр мұнайдың өсіп келе жатқан үлесі, сондай-ақ мұнай өнімдерін өндіру көлемін ұлғайту қажеттілігі осындай шикізатты қайта өңдеудің жаңа тәсілдерін жасауға негіз болады. Мұнай өңдеуді одан әрі тереңдетуге байланысты ауыр мұнай қалдықтарын баяу кокстеу процесін жетілдіру жолдарын іздеу өзекті болып табылады, өйткені бұл процесс қалдық шикізаттан жеңіл дистилляттарды, сондай-ақ кем емес құнды өнім – коксты көп мөлшерде алуға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: ауыр мұнай, термототығу, пиролиз, көмірсутектер, кокс, асфальтендер, гудрон.

A.S. Ungarbaeva[1], E. Tileuberdi[2], H.I. Akbarov[3], K.K. Syrmanova[4], A.M. Berdalieva[5]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[3]National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan
[4]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[5]Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan

FEATURES OF COKE FORMATION DURING THERMAL PROCESSING OF ASPHALTCONTAINING SYSTEMS

Abstract. The article provides an overview of the process of coke formation during thermal oxidation of oil residues and methods for their regulation. The main causes of coke deposits are considered, and an analysis of the chemistry of oxidation of hydrocarbon compounds in oil residues is made. The increasing share of heavy oils in the total volume of world oil production, as well as the need to increase the volume of oil products, determine the creation of new methods for processing such raw materials. In connection with the further deepening of oil refining, the search for ways to improve the process of delayed coking of heavy oil residues is relevant, since this process allows obtaining large quantities of light distillates from residual raw materials, as well as an equally valuable product – coke.

Keywords: heavy oil, thermal oxidation, pyrolysis, hydrocarbons, coke, asphaltenes, tar.

References

1. V'yukov M.G. K voprosu o mirovykh tendentsiyakh v dobyche nefti [On the issue of global trends in oil production] //Voprosy otraslevogo upravleniya. – 2016. – No. 3. – P. 49-59. [in Russian].
2. Koysheken B.T. Sovremennoye sostoyaniye uglevodorodnykh resursov Kazakhstana [Current state of hydrocarbon resources of Kazakhstan]//Sovremennaya tekhnika i tekhnologii [Modern equipment and technology]. – 2013. – No. 2 [Electronic resource]. - Access mode: https://technology.snauka.ru/2013/02/1634. Date of access: 14.07.2023. [in Russian].
3. Kapustin V.M., Glagoleva V.F. Physicochemical aspects of petroleum coke formation (Review) //Petroleum Chemistry. – 2016. – Vol. 56. – No 1. – P. 1-9.
4. Magaril, R.Z. Teoreticheskiye osnovy khimicheskikh protsessov pererabotki nefti [Theoretical Foundations of Chemical Processes of Oil Refining]: a textbook for universities. – Moscow: Book House “University”, 2016. – 280 p. [in Russian].
5. Khadzhiyev, S.N., Shpirt, M.YA. Mikroelementy v neftyakh i produktakh ikh pererabotki [Microelements in oils and products of their processing]. – Moscow: Science, 2012. – 222 p. [in Russian].
6. Anchita, KH., Speyt, Dzh. Pererabotka tyazhelykh neftey i neftyanykh ostatkov. Gidrogenizatsionnyye protsessy [Processing of heavy oils and oil residues. Hydrogenation processes]. – St. Petersburg .: Profession, 2012. – 384 p. [in Russian].
7. Abukova L.A., Shuster V.L. Perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa Rossii [Prospects for the development of the oil and gas complex of Russia] //Ekspozitsiya neft' gaz [Oil and gas exposure]. – 2016. – No. 7. – P. 12-15. [in Russian].
8. Du H. et al. Effects of the temperature and initial hydrogen pressure on the isomerization reaction in heavy oil slurry-phase hydrocracking //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 2. – P. 626-633.
9. Khalikova D.A., Petrov S.M., Bashkirtseva N.YU. Obzor perspektivnykh tekhnologiy pererabotki tyazhelykh vysokovyazkikh neftey i prirodnykh bitumov [Review of promising technologies for processing heavy high-viscosity oils and natural bitumens] //Bulletin of the Kazan Technological University. – 2013. – No. 3. – P. 217-221. [in Russian].
10. Liu M. et al. Transformation of sulfur compounds in the hydrotreatment of supercritical fluid extraction subfractions of Saudi Arabia atmospheric residua //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 2. – P. 702-710.
11. Hurt M.R. et al. Comparison of the structures of molecules in coal and petroleum asphaltenes by using mass spectrometry //Energy & fuels. – 2013. – Vol. 27. – No. 7. – P. 3653-3658.
12. Tang W. et al. Structural comparison of asphaltenes of different origins using multi-stage tandem mass spectrometry //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 3. – P. 1309-1314.
13. Petrova L.M., Abbakumova N.A., Zaydullin I.M., Borisov D.N. Fraktsionirovaniye asfal'tenov iz tyazheloy nefti polyarnym rastvoritelem i ikh kharakteristika [Fractionation of asphaltenes from heavy oil with a polar solvent and their characterization] //Petrochemistry. – 2013. – Vol. 53. – No 2. – P. 94-100. [in Russian].
14. Korzun N.V., Magaril R.Z. Termicheskiye protsessy pererabotki nefti [Thermal processes of oil refining]. – Moscow: KDU, 2008. – 96 p. [in Russian].
15. Wang F. et al. Coke formation of heavy oil during thermal cracking: New insights into the effect of olefinic-bond-containing aromatics //Fuel. – 2023. – Vol. 336. – P. 127138.

16. Jin X. et al. Insights into coke formation during thermal reaction of six different distillates from the same coal tar //Fuel Processing Technology. – 2021. – Vol. 211. – P. 106592.
17. Lesin V.I., Lesin S.V., Ivanov Ye.V. Okislitel'nyy kreking nefti peroksidom vodoroda v prisutstvii nanochastits oksida zheleza [Oxidative cracking of oil with hydrogen peroxide in the presence of iron oxide nanoparticles] //Nanogeterogennyy kataliz [Nanoheterogeneous catalysis]. – 2017. – Vol. 2. – No. 1. – P. 38-42. [in Russian].
18. Speight, J.G. The chemistry and technology of petroleum. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 953 p.
19. Kapustin, V.M. Tekhnologiya pererabotki nefti. V 4-kh chastyakh. Chast' pervaya. Pervichnaya pererabotka nefti [Oil refining technology. In 4 parts. Part one. Primary oil refining]. – Moscow: KolosS, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2012. – 459 p. [in Russian].
20. Sirotkina, L.V., Sirotkin, R.O. Spravochnik po khimii [Handbook of Chemistry]: reference manual. – Kazan': Kazan. gos. energ. un-t, 2015. – 99 p. [in Russian].
21. Oil and gas industry. Resin complex [Electronic resource]. – Access mode: http://neftelib.ru›neft-slovar-list/s/397/index.shtml. [in Russian].
22. Petrova A.V., Garifullina G.G. Reaktsionnaya sposobnost' novykh prostranstvenno-zatrudnonnykh fenolov v kachestve ingibitora okisleniya 1,4-dioksana [Reactivity of new sterically hindered phenols as an inhibitor of 1,4-dioxane oxidation] //Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2017. – No. 3 (137). – P. 24-27. [in Russian].
23. Evdokimov I.N., Fesan A.A., Losev A.P. New answers to the optical interrogation of asphaltenes: Monomers and primary aggregates from steady-state fluorescence studies //Energy & Fuels. – 2016. – Vol. 30. – No. 6. – P. 4494-4503.
24. McKenna A. M. et al. Heavy petroleum composition. 3. Asphaltene aggregation //Energy & fuels. – 2013. – Vol. 27. – No. 3. – P. 1246-1256.
25. Kopytov M.A., Golovko A.K. Izmeneniya strukturno-gruppovykh kharakteristik smol i asfal'tenov tyazhelykh neftey v protsesse pervichnoy pererabotki [Changes in structural and group characteristics of resins and asphaltenes of heavy oils during primary processing] //Neftekhimiya [Petrochemistry]. – 2017. – Vol. 57. – No. 1. – P. 41-48. [in Russian].
26. Liu B. et al. Mechanism of asphaltene aggregation induced by supercritical CO 2: insights from molecular dynamics simulation //RSC advances. – 2017. – Vol. 7. – No. 80. – P. 50786-50793.
27. Chacón-Patiño M.L. et al. Tracing the compositional changes of asphaltenes after hydroconversion and thermal cracking processes by high-resolution mass spectrometry //Energy & Fuels. – 2015. – Vol. 29. – No. 10. – P. 6330-6341.
28. Grin'ko A.A., Golovko A.K. Termoliz neftyanykh asfal'tenov i ikh fraktsiy [Thermolysis of petroleum asphaltenes and their fractions] //Neftekhimiya [Petrochemistry]. – 2014. – Vol. 54. – No. 1. – P. 43-48. 29. [in Russian].
29. Alkhaldi S., Husein M. M. Hydrocracking of heavy oil by means of in situ prepared ultradispersed nickel nanocatalyst //Energy & fuels. – 2014. – Vol. 28. – No. 1. – P. 643-649.
30. Mahapatra N. et al. Pyrolysis of asphaltenes in an atmospheric entrained flow reactor: A study on char characterization //Fuel. – 2015. – Vol. 152. – P. 29-37.
31. Guo A. et al. Investigation on shot-coke-forming propensity and controlling of coke morphology during heavy oil coking //Fuel processing technology. – 2012. – Vol. 104. – P. 332-342.

ҒТАМР 61.51.91

Т.Қ. Акилов[1] – *негізгі автор*, ©
А.М. Азимов[2], Н.Н. Исабаев[3],
Т.А. Иманғалиев[4], Н.М. Дәуренбек[5], Б.Б. Туракулов[6]

[1]Хим. ғылым. канд., доцент, [2,6]PhD, [3]Магистр, [4,5]Техн. ғылым. канд., доцент

ORCİD
[1]https://orcid.org/0009-0001-5314-3983 [2]https://orcid.org/0000-0002-1316-5854
[3]https://orcid.org/0000-0001-7457-0987 [4]https://orcid.org/0009-0002-0793-3228
[5]https://orcid.org/0000-0002-4238-3359 [6]https://orcid.org/0000-0003-1635-0083

[1,2,3,4,5,6]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан
[6]87021548298@mail.ru

https://doi.org/10.55956/RDOT4107

ШАЙЫРЛАР. ГОССИПОЛ ШАЙЫРЫНЫҢ ПИРОЛИЗІ

Аңдатпа. Мақалада шайырлар туралы қысқаша шолу, яғни шайырлардың түрлері, олардың шығу тегі мен өндірісте және технологияда қолданылуы берілген. Сонымен қатар госсипол шайырының физика-химиялық қасиеттері келтірілген. Майлау процесінде коррозияға қарсы агенттер және қоспалар ретінде госсипол шайыры қолданылады. Госсипол шайырының пиролизі 100-500°С температура диапазонында термиялық өңдеумен зертханалық тәжірибелік қондырғыда жүргізілді.

Госсипол шайырының құрамы ИҚ-спектрометрия және сканерлеуші электронды микроскопия көмегімен анықталды. Госсипол шайырының негізінен төрт күрделі фракциямен бөлінетін қоспалардан тұратыны байқалды. Біріншісі – сулы, екіншісі – май қышқылдарының фракциялары, үшіншісі – құрамында азот бар циклдік пиридин және транс-изомерлер, ал төртіншісі – фаза.

Тірек сөздер: пиролиз, госсипол шайыры, спектрометрия, компоненттер, микроскопия.

Акилов, Т.Қ. Шайырлар. Госсипол шайырының пиролизі [Мәтін] / Т.Қ. Акилов, А.М. Азимов, Н.Н. Исабаев, Т.А. Иманғалиев, Н.М. Дәуренбек, Б.Б. Туракулов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.319-327. https://doi.org/10.55956/RDOT4107

Кіріспе. Шайырлар – бұл әлі жеткілікті зерттелмеген әртүрлі жеке заттардың күрделі қоспалары. Шайырлардың құрамдас бөліктері ұшқыш емес, сондықтан шайырларға деген алғашқы ой, оларды ортақ қасиеттерге ие табиғи өнімдердің ерекше тобына бөлуге мүмкіндік береді. Шайырлар қатты аморфты, яғни кристалдық құрылымы жоқ заттар. Осыған байланысты олардың тар диапазонмен шектелген, белгілі бір балқу температурасы жоқ. Шайырларды балқыту төменгі температурадан басталып, жоғарырақ температурада аяқталады – айырмашылық кейде бірнеше ондаған градусқа жетеді. Шайырлар суда ерімейді, бірақ органикалық еріткіштерде ериді немесе ісінеді.

Шайыр ерітіндісімен суланған қатты заттардың бетінде еріткіш буланғаннан кейін жылтыр қабық пайда болады. Шайырлардың тағы бір

қызықты қасиеті бар. Олардың молекулалары бір-бірімен химиялық байланыстар арқылы емес, қыздыру немесе еріту кезінде оңай бұзылатын молекулааралық когезия күштері арқылы байланысады. Бұл жағдайда ерітінділердің немесе балқымалардың бетінде бос энергияның үлкен қоры бар шайыр компоненттерінің бос, байланыссыз молекулалары пайда болады. Осы энергияның арқасында олар ерітінді немесе балқыма бетіне жақындаған басқа заттардың молекулаларын ұстай алады. Сондықтан ерітінділер немесе шайыр балқымалары жабысқақ келеді.

Шайырлар эфир майларында жақсы ериді және бұл ерітінділер әдетте бальзамдар деп аталады. Шайырлар өсімдіктерде осындай түрде кездеседі. Уақыт өте келе эфир майы буланып шайырға айналады және өте жабысқақ болмайды, бірақ құрамында аздаған эфир майы әлі де қалады. Шайырлардың құрамына шайыр қышқылдары, шайыр спирттері, олардың күрделі эфирлері және шайыр деп аталатын әлі белгісіз табиғаттағы заттар кіреді. Шайыр қышқылдары мен спирттер күрделі құрамға ие және олардың құрылымы әлі толық анықталмаған.

Шайыр қышқылының молекуласында көптеген басқа шайыр қышқылдары мен спирттеріне тән конъюгацияланған қос байланыстар бар. Сондықтан шайырлар атмосфералық оттегімен оңай тотығады. Шайырлардың бірнеше түрі бар: мұнай, өсімдік тектес, синтетикалық, эпоксидті және госсипол.

Оңтүстік Қазақстан облысында госсиполь шайырының практикалық маңызы зор. Ол Шымкент май комбинатының қалдық өнімі болып табылады және құрамындағы май қышқылдары, фосфор мен азот қосылыстары бар, соның нәтижесінде оларды көп салада қолдануға мүмкіндік туады.

Эфир сандарының жоғары мәндері госсипол шайырында лактан түріндегі бос май қышқылдарының, ал құрамында азот бар қосылыстардың кездесуі госсиполда ақуыздық заттармен конденсациялану өнімдерінің болу мүмкіндігін көрсетеді.

Сілтілік ортада госсипол шайыры алюминий квасцтарының диссоциациялануы кезінде түзілген алюминий гидроксидімен әрекеттеседі. Алынған қосылыс кальций-магний агрессиясына төзімді. Оның ыстыққа төзімділігі 250°С-қа жетеді.

Госсипол шайырының сабындалатын бөлігі оның құрамының шамамен 80%-ын құрайды. Негізгі компоненттің молекуласы тізбегінде конденсацияланған фенолдық ядролардан тұратын полимер болып табылады [1-3]. Госсипол шайыры негізіндегі эмульсол ЭГТ, ТЖ 38 101149-75, кесу және қысыммен өңдеу кезінде қолданылатын эмульсияларды өндіру үшін пайдаланылады [4]. Цилиндр майы мен госсипол шайыры жоғары тұтқырлық индексіне ие, бұл олардың тозуға қарсы қасиеттерінің жоғары деңгейінің себептерінің бірі болып табылады. Сонымен, госсипол шайырын зерттеу оның құрамында лактаннан басқа, азот және фосфор қосылыстары түріндегі бос май қышқылдары бар екенін көрсетті. Бұл қосылыстар жоғары тозуға, төтенше қысымға, тотығуға және коррозияға қарсы қасиеттерге ие. Госсипол шайыры Орталық Азия аймағында бұрғылау ерітінділері үшін майлаушы қоспа ретінде ұсынылды.

Госсипол шайырының құрамындағы май қышқылдары трибохимия үшін карбоксил тобы және көмірсутек радикалы бар көміртек атомдарының ұзын тізбегі бар майлау материалы ретінде қызығушылық тудырады, сондықтан металдармен хемосорбциялық әрекеттесуге қабілетті [5,6].

Суспензиялы майлардағы молибден дисульфидін тұрақтандыру үшін мақта майы өндірісінің қалдық өнімі – госсиполды шайыр қолданылатынын атап өтуге болады.

Тұрақтандыру қабілеті бойынша бұл өнім Днепрол жуғыш-дисперсті қоспасынан 15-20% артық, бір мезгілде майлаудың триботехникалық қасиеттерін жақсартады [7].

Пиролиз процесі органикалық синтез өнеркәсібі үшін олефинді көмірсутектерді негізгі жеткізушілердің бірі болып табылады.

Бұл жұмыстың мақсаты термиялық өңдеу кезінде компоненттерін анықтау үшін госсиполды шайырдың пиролизі болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Пиролиз қыздырғыш элементі бар пештен, тоңазытқыштан, үлгі қабылдағыштан және термопардан тұратын зертханалық тәжірибелік қондырғыны қолдану арқылы жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде Шымкент май комбинатының госсиполь шайыры таңдалды, өйткені ол жыл сайын үлкен көлемде пайда болатын өндіріс қалдығы және осыған байланысты бағасы төмен. Тәжірибелер 100-250°С температура аралығында жүргізілді.

Алынған үлгілердің талдауы инфрақызыл спектрометрдің көмегімен Pike Technologie фирмасының Miracle әлсіретілген толық ішкі шағылысу (ATR) қосымшасы бар Shimadzu IR Prestige-21 Фурье түрлендіру инфрақызыл спектрометрі арқылы жүргізілді; қатты заттардың элементтік құрамы сканерлеу арқылы анықталды.

МЕСТ 18-114 бойынша госсипол шайырының физика-химиялық сипаттамалары:

1. Сыртқы түрі – тұтқыр ағынды масса;
2. Түсі – қою қоңырдан қараға дейін;
3. Қышқыл саны – 50 –100 мг КОН;
4. Күл мөлшері, масс. – 1,0 – 1,2%;
5. Ылғалдылық пен ұшқыш заттардың мөлшері – 4%-ға дейін;
6. Ацетондағы ерігіштігі, масс. –70–80%;
7. Меншікті ауырлық, 0,98 – 0,99 г/см^3;
8. Сабындану саны – 80 – 130 мг КОН.

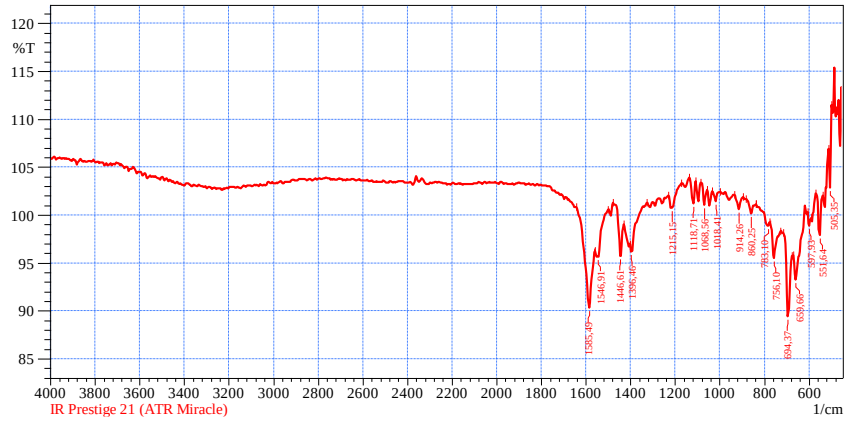
Госсипол шайырының құрамы мен қасиеттері шикізаттың сапасына, майларды ыдыратудың технологиялық режимдерін сақтауға, алынған май қышқылдарын айдау тереңдігіне және басқа факторларға байланысты.

Жұмыста 220-250°С температурада май қышқылдарын айдау нәтижесінде алынған, құрамында 40-50% конденсация өнімдері, полимерлену және госсиполдың әрекеттесу өнімдері бар Шымкент май зауытының госсипол шайыры қолданылды. Алынған заттардың құрамын және физика-химиялық қасиеттерін анықтау мақсатында госсиполды шайыр үлгілеріне пиролиздік өңдеу жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Алынған заттардың құрамына кіретін химиялық қосылыстар мен функционалдық топтардың табиғаты инфрақызыл спектрлер мен электронды микроскопия көмегімен зерттелді.

Сыртқы белгілерге және алынған мәліметтерге сәйкес, Алдымен бөлінген зат негізінен құбырлар арқылы госсиполды шайырды тасымалдау технологиясында қолданылатын будың конденсациялануы нәтижесінде пайда болған судан тұрады.

Госсиполды шайырдың 2-ші бөлінген заттың инфрақызыл спектрлері 1-суретте және 1-кестеде берілген.



Сурет 1. Госсиполды шайыр пиролизінен 2-ші бөлінген өнімінің ИҚ спектрлері

Кесте 1

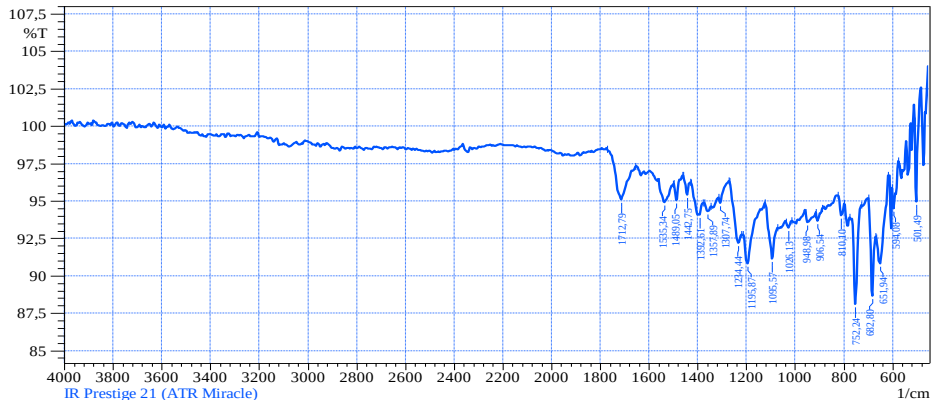
Госсиполды шайыр пиролизінен 2-ші бөлінген өнімінің жұтылу жиіліктерінің сипаттамасы

№	Пик	Интенсивтілік	Корр. интенсивтілік	Негіз (H)	Негізгі (L)	Аудан	Корр. аудан
1	505,35	102,828	6,380	513,07	497,63	-0,378	0,211
2	551,64	97,932	4,209	570,93	536,21	-0,123	0,198
3	597,93	98,866	1,125	605,65	590,22	0,044	0,043
4	659,66	93,249	3,533	671,23	621,08	0,849	0,420
5	694,37	89,456	7,451	713,66	675,09	1,071	0,522
6	756,10	95,510	3,246	771,53	729,09	0,521	0,264
7	783,10	98,841	0,620	837,11	775,38	0,000	0,044
8	860,25	100,178	1,229	883,40	837,11	-0,194	0,087
9	914,26	100,613	1,351	933,55	894,97	-0,234	0,092
10	1018,41	101,428	1,015	1033,85	999,13	-0,315	0,048
11	1068,56	101,073	1,881	1083,99	1056,99	-0,262	0,085
12	1118,71	101,205	2,466	1138,00	1107,14	-0,353	0,137
13	1215,15	100,719	1,619	1230,58	1172,72	-0,481	0,172
14	1396,46	96,139	1,038	1400,32	1327,03	0,153	0,044
15	1446,61	95, 725	4,029	1477,47	1431,18	0,226	0,252
16	1546,91	95,614	1,507	1558,48	1500,62	0,450	0,121
17	1585,49	90,316	7,128	1643,35	1562,34	1,560	0,964

Госсиполды шайыр пиролизіне 2-ші бөлінген өнімінің ИҚ спектрлеріндегі негізгі тербеліс жиіліктері 1,2 2970 υас (С-Н) CH_3-те – топтар 2920-2850 Y (С-Н) CH_2-де – 2870 Y (С-Н) топтарында 2320-2350 υ (С=С), (С=N) 1710 1630 Y (С=С) циклдік алкендерде 1450-1465 δ (СН2) 1370-1290 δас (CH_3) 950-960 δ (=СН) циклдік алкендерде транс-изомер 710-720 δ (=СН) циклдік алкендердегі цис-изомер 3,4 2960 υас (С-Н) CH_3 – топтарда 2920-2850 Y (С-Н) Бұл авторлардың деректерімен сәйкес келеді [8,11].

Осы спектрлерге сүйене отырып, үлгіні құрамында азот бар циклді пиридин қосылыстарының қоспасы деп болжауға болады.

Госсиполды шайырдың 3-ші бөлінген заттың инфрақызыл спектрлері 2-суретте және 2-кестеде берілген.



Сурет 2. Госсиполды шайыр пиролизінен 3-ші бөлінген өнімінің ИҚ спектрлері

Кесте 2

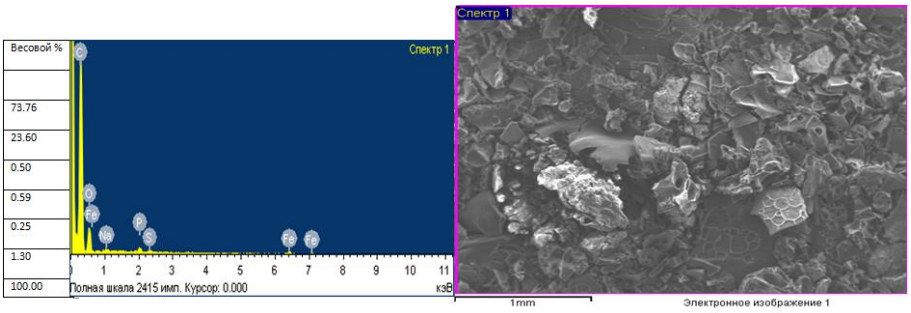
Госсиполды шайыр пиролизінен 3-ші бөлінген өнімінің жұтылу жиіліктерінің сипаттамасы

№	Пик	Интенсивтілік	Корр. интенсивтілік	Негіз (H)	Негізгі (L)	Аудан	Корр. аудан
1	497,63	95,586	4,358	520,78	482,20	0,522	0,549
2	559,36	93,265	2,570	563,21	543,93	0,453	0,103
3	574,79	92,759	3,731	590,22	567,07	0,563	0,187
4	640,37	90,960	1,965	655,80	624,94	1,121	0,148
5	694,37	86,273	7,119	729,09	659,66	5,854	0,772
6	759,95	90,984	4,185	790,81	732,95	1,630	0,385
7	852,54	94,425	1,570	867,97	817,82	1,037	0,150
8	898,83	95,050	1,033	948,98	871,82	1,523	0,199
9	1018,41	94,940	0,642	1026,13	1002,98	0,480	0,035
10	1045,42	93,911	1,116	1053,13	1029,99	0,547	0,050
11	1068,56	92,759	2,128	1087,85	1056,99	0,838	0,139
12	1118,71	94,964	0,574	1130,29	1107,14	0,493	0,028
13	1153,43	95,111	0,343	1161,15	1134,14	0,550	0,024
14	1215,15	92,714	1,811	1230,58	1165,00	1,800	0,283
15	1392,61	91,798	2,189	1431,18	1303,88	3,900	0,679
16	1446,61	92,954	1,924	1462,04	1435,04	0,729	0,112
17	1489,05	95,346	1,061	1496,76	1477,47	0,349	0,048
18	1558,48	89,852	6,750	1674,21	1500,62	5,309	2,811
19	1705,07	96,636	0,084	1708,93	1678,07	0,420	0,005

Госсиполды шайыр пиролизіне 3-ші бөлінген өнімінің ИҚ спектрлерінде CH_3 – топтарда 2920-2850 Y (C-H) CH_3 – топтарда 2320-2330 υ (C=C), (C=N) 1450-1465 1710 δ (CH_2), 1370 δas (CH_3) 950 δ (=CH) циклдік алкендердегі транс-изомер 710-720 Δ (=CH) циклдік алкендердегі цис-изомер 3420-2840 υ(NH_2) термиялық өңдеу жолақтарынан кейін, υ пиридин (NC) қосылыстар 2905. υ (CH) метилен топтарында 1580-1590 Y(C-C) алмастырылған бензолдарда 1440-1460 Y(C=C) алмастырылған этилендерде 1360-1370 Y(C=C) этиленді сақинада 1100 d 850-850 сөну жолақтары байқалады.

Осы спектрлерге сүйене отырып, үлгі циклдік алкендердің транс изомерлерінің қоспасы деп болжауға болады.

Госсипол шайырының қатты фазасының электронды микроскопиясы 3-суретте берілген.



Сурет 3. Госсипол шайырының қатты фазасының электронды микроскопиясы

3-суреттен көрініп тұрғандай, госсиполды шайырдың қатты фазасы негізінен көміртектен – 73,76%, сонымен қатар темір оксидтерінен тұратындығын болжауға болады. Бұл үлгі бетінің фотосуретінде анық көрінеді (ақ дақтар). Натрий – 0,5%, фосфор – 0,59% және күкірт – 0,25% аз мөлшерде анықталды.

Госсиполды шайырдың пиролизін зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады.

Алынған заттардың құрамына кіретін химиялық қосылыстар мен функционалдық топтардың табиғаты инфрақызыл спектрлер мен электронды микроскопия көмегімен зерттелді.

Шымкент май комбинатының госсипол шайыры негізінен төрт фракциядан тұрады:

1. Су фракциясы 100-150°С температурада бөлінеді;
2. 150-250°С-де косметикалық және кір сабын өндіру үшін шикізат ретінде пайдалануға болатын күрделі полифинолды май қышқылдары бөлінеді;
3. 250-500°С-де коррозияға қарсы жабын ретінде қолдануға болатын пиридинді азоты бар гетероциклді қосылыстардың кешені және майлау материалдарына қоспалар ретінде пайдалануға жарамды циклдік алкендердің трансизомерлерінің қоспасының кешені бөлінеді;
4. Қатты қалдық – бұл аз қоспалары бар техникалық көміртек.

Госсипол шайырының құрамында полифенолдар, май қышқылдары, көмірсутектер, азот және фосфор бар қосылыстар, сондай-ақ госсиполдың өзгеру өнімдері бар екені анықталды.

Оның құрамында нафталиннен өзге қосылыстарының болуы да госсиполды шайырдың модификациялық өнімдерін термо-, химо- және радиацияға төзімді етеді, ал фенолды гидроксилдердің және альдегидтік топтың болуы оларды жоғары комплекс түзу қасиеттерін делелдейді. Көптеген жағдайларда ол қымбат коррозияға қарсы жабындарды, сондай-ақ тапшылығы жыл сайын сезілетін мұнай битумын сәтті ауыстыра алады.

Оқшауланған өнімдер қоспасының бөлінуі әрбір өнімнің қайнау температурасының басы мен соңы бойынша тіркелді. Әрбір үлгінің пиролизінің соңында температураның орташа 100-130°С секіруі байқалды.

Термиялық өңдеуден кейінгі пиролиз қалдығы бастапқы өнімнің массасы 6,5% болатын қара түсті қатты зат болып табылады.

Қорытынды. Алғаш рет мақта майы өндірісінің қосалқы шығынынан (Шымкентмай АҚ) госсипол шайыры негізіндегі қалдықтарды пиролиздеуге әрекет жасалды. Пиролиз әдісін қолдана отырып, госсиполды шайырды өндірістің әртүрлі салаларында қолдануға болатын жеке кешендерге бөлуге болады деп қорытынды жасауға болады.

Процесті жүргізудің оңтайлы температуралық режимі белгіленді; пиролиз өнімдерінің шығуы мен құрамы анықталды. Сұйық өнімнің фракциялық құрамын анықтау мақсатында өнімдерге талдау жүргізілді. Зерттелетін қалдықтың пиролиз газдары (Госсиполды шайыр) құрамындағы көмірсутектердің құнды көздерін білдіреді: C_1-C_5 парафиндер, C_2-C_4 олефиндер, изо-пентан. Температураны 400-500°С-ге дейін өсіру госсипол шайырынан газдың пайда болуына негізгі үлес қосатын сияқты. Қатты қалдық негізінен кокс пен жартылай кокс. Пиролиз өнімдерінде майлар, шайырлы заттар және қатты қалдық бар. Сонымен, 400-500 °С температурада госсипол шайыры пиролизінің өнімінің құрамы 24,6% масс. майлар, 73,3 % масс. шайыр, 2,1 % масс. қатты қалдықтан тұратыны анықталды. Осылайша, ең қолайлысы орташа температура (400-500°С) екендігі анықталды, бұл зерттелетін қалдықты пиролитикалық өңдеу үшін маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Абсарова Д.К. и др. Каталитическая полимеризация фурано-эпоксидных олигомеров [Текст] / Д.К. Абсарова [и др.] //Universum: технические науки. – 2019. – №. 12-2. – С. 51-54.
2. Дилрабо А. Фуран-фенольные олигомеры [Текст] / А. Дилрабо, К. Хафиза, Н. Мирзахуджаева //ACADEMICIA: Международный междисциплинарный исследовательский журнал. – 2020. – Т. 10. – №. 6. – С. 1706-1712.
3. Исмоилов М.Ю., Хамидов Б.Н., Иванов В.И., Иванов Г.Н. Қурум ҳосил бўлишига қарши графитли паста олиш //Ўзбекистон кимё журнали. – 2001. – №. 6. – Б. 77-78.
4. Матякубов Р. и др. Гидрирование дифурфурлиденацетона на палладиевых катализаторах [Текст] / Р. Матякубов [и др.] //Universum: технические науки. – 2020. – №. 3-2.
5. Саидахмедов Ш.М., Исмоилов М.Ю., Хамидов Б.Н., Иванов В.И., Иванов Г.Н. И-460 ПВ маркадаги мойига присадка плексол қўшиб, унинг қовушоқлигини ошириш //Ўзбекистон нефть ва газ журнали. – 2002. – №. 2. – Б. 26-27.
6. Хамидов Б.Н., Исмоилов М.Ю., Тараян К.Л., Саидахмедов Ш.М. Графитли сурков мойи олиш технологиясини ишлаб чиқиш //Ўзбекистон нефть ва газ журнали. – 2002. – №. 3. – Б. 24-25.
7. Хошимов Ш.М. и др. Получение хинолиновых оснований на основе ароматических аминов реакцией с карбонильными соединениями получения гетероциклов в паровой фазе [Текст] / Ш.М. Хошимов [и др.] //Universum: технические науки. – 2019. – №. 68. – С. 1-3.
8. Миронов, В.А. Спектроскопия органических соединений [Текст] / В.А. Миронов, С.А. Янковский. – Л.: Химия, 1985. – 232 с.
9. Никаниси, К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений [Текст] / К. Никаниси. – М.: Мир, 1965. – 180 с.
10. Казицина, Л.А. Применение УФ-, ИК- ЯМР и масс-спектроскопии в органической химии [Текст] / Л.А. Казицина, Н.Б. Куплетская. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 240 с.
11. Сильверстайн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений [Текст] / Р. Сильверстайн, Г. Басслер, Т. Морил. – М.: Мир, 1977. – 590 с.

Зерттеу BR18574207 – «Өңірлік экологиялық проблемаларды шешу үшін қатты тұрмыстық және органикалық қалдықтарды кешенді қайта өңдеу жолымен кәдеге жарату технологиясын әзірлеу» гранты бойынша ҚР ҒжЖБМ Ғылым комитетінің қолдауымен орындалды.

Материал редакцияға 18.09.24 түсті.

Т.К. Акилов[1], А.М. Азимов[1], Н.Н. Исабаев[1], Т.А. Имангалиев[1], Н.М. Дауренбек[1], Б.Б. Туракулов[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

СМОЛЫ. ПИРОЛИЗ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ

Аннотация. В статье приведены данные об обзоре смол, т.е. видов смол, их происхождения и использования в производстве и технологии. Также приведены физико-химические свойства госсиполовой смолы. В процессе смазки госсиполовая смола используется в качестве антикоррозийных средств и присадок. Пиролиз госсиполовой смолы проводился на лабораторной экспериментальной установке с термической обработкой в диапазоне температур 100-500℃.

Состав госсиполовой смолы определяли методами ИК-спектрометрии и сканирующей электронной микроскопии. Установлено, что госсиполовая смола в основном состоит из примесей, разделенных четырьмя сложными фракциями. Первая – водная, вторая – фракции жирных кислот, третья – азотсодержащие циклический пиридин и транс-изомеры, четвертая – фазовая.

Ключевые слова: пиролиз, госсиполовая смола, спектрометрия, компонент, микроскопия.

T.K. Akilov[1], A.M. Azimov[1], N.N. Issabayev[1], T.A. Imangaliyev[1], N.M. Daurenbek[1], B.B. Turakulov[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

RESINS. PYROLYSIS OF GOSSYPOL RESIN

Abstract. The article provides a brief overview of resins, i.e. types of resins, their origin and use in production and technology. Physico-chemical properties of gossypol resin are also given. In the lubrication process, gossypol resin is used as anti-corrosion agents and additives. Pyrolysis of gossypol resin was carried out in a laboratory experimental unit with heat treatment in the temperature range of 100-500℃.

The composition of gossypol resin was determined using IR spectrometry and scanning electron microscopy. It was observed that gossypol resin mainly consists of impurities separated by four complex fractions. The first is aqueous, the second is fatty acid fractions, the third is nitrogen-containing cyclic pyridine and trans isomers, and the fourth is phase.

Keywords: pyrolysis, gossypol resin, spectrometry, component, microscopy.

References

1. Absarova D.K. et al. Kataliticheskaya polimerizatsiya furano-epoksidnykh oligomerov [Catalytic polymerization of furan-epoxy oligomers] //Universum: tekhnicheskiye nauki [Universum: technical sciences]. – 2019. – No. 12-2. – P. 51-54. [in Russian].
2. Dilrabo A., Khafiza K., Mirzakhudzhayeva N. Furan-fenol'nyye oligomery [Furan-phenolic oligomers] //ACADEMICIA: International interdisciplinary research journal. – 2020. – Vol. 10. – No. 6. – P. 1706-1712. [in Russian].
3. Ismoilov M.YU., Khamidov B.N., Ivanov V.I., Ivanov G.N. K¸urum ћosil bŭlishiga k¸arshi grafitli pasta olish [To obtain graphite paste against the formation of soot] //Ŭzbekiston kimo zhurnali [Uzbek chemical Journal]. – 2001. – No. 6. – P. 77-78. [in Uzbek].
4. Matyakubov R. Et al. Gidrirovaniye difurfurlidenatsetona na palladiyevykh katalizatorakh [Hydrogenation of difurfurlideneacetone on palladium catalysts] //Universum: technical sciences. – 2020. – No. 3-2. [in Russian].
5. Saidakhmedov SH.M., Ismoilov M.YU., Khamidov B.N., Ivanov V.I., Ivanov G.N. I-460 PV markadagi moyiga prisadka pleksol k¸ŭshib, uning k¸ovushok¸ligini oshirish [I-460 PV markadagi moyiga additive plexol body, uning cov kushaklyg oshirish] //Ŭzbekiston neft' va gaz zhurnali [Uzbekistan oil and Gas magazine]. – 2002. – No. 2. – P. 26-27. [in Uzbek].
6. Khamidov B.N., Ismoilov M.YU., Tarayan K.L., Saidakhmedov SH.M. Grafitli surkov moyi olish tekhnologiyasini ishlab chik¸ish [Development of technology for obtaining graphite Surkov oil] //Ŭzbekiston neft' va gaz zhurnali [Uzbekistan oil and Gas magazine]. – 2002. – No. 3. – P. 24-25. [in Uzbek].
7. Khoshimov SH.M. et al. Polucheniye khinolinovykh osnovaniy na osnove aromaticheskikh aminov reaktsiyey s karbonil'nymi soyedineniyami polucheniya geterotsiklov v parovoy faze [Preparation of quinoline bases based on aromatic amines by reaction with carbonyl compounds to obtain heterocycles in the vapor phase] //Universum: technical sciences. – 2019. – No. 68. – P. 1-3. [in Russian].
8. Mironov, V.A., Yankovskiy, S.A. Spektroskopiya organicheskikh soyedineniy [Spectroscopy of organic compounds]. – L.: Chemistry, 1985. – 232 p. [in Russian].
9. Nikanisi, K. Infrakrasnyye spektry i stroyeniye organicheskikh soyedineniy [Infrared spectra and structure of organic compounds]. – Moscow: Mir, 1965. – 180 p. [in Russian].
10. Kazitsina, L.A., Kupletskaya, N.B. Primeneniye UF-, IK- YAMR i mass-spektroskopii v organicheskoy khimii [Application of UV, IR NMR and mass spectroscopy in organic chemistry]. – Moscow: Moscow State University Publishing House, 1977. – 240 p. [in Russian].
11. Sil'verstayn, R., Bassler, G., Moril, T. Spektrometricheskaya identifikatsiya organicheskikh soyedineniy [Spectrometric identification of organic compounds]. – Moscow: Mir, 1977. – 590 p. [in Russian].

ҒТАМР 61.13.17

Т. Бижигитов[1] – *негізгі автор*, ©
Э. Мадалиева[2]

[1]*Физ.-мат. ғылым. канд., профессор,* [2]*PhD, қауымдас. профессор*
[1]*https://orcid.org/0000-0002-5276-8033* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4053-8801*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*bizhigitov_temirhan@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/BEXW8184

МҰЗДЫҢ ФАЗАЛЫҚ ДИАГРАММАСЫН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУЛАРДЫ ҚОЛДАНЫП ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада мұздың жоғары (0-2500) МПа қысым мен төменгі (90-250) К температурадағы P-T координатасындағы фазалық диаграммасына физико-химиялық талдаулар жасалды. 2500 МПа қысымда және 90 К температурадан 250 К температураға дейін мұздың фазалық диаграммасын зерттеу мақсатында жоғары қысымды поршень – цилиндр типті камераның құрылымы есептелініп жасалды. Камераның беріктілігін арттыру мақсатында концентрлі үш қабаттың термоөңдеуден өткен цилиндірлер бір-біріне қыздырылып күшпен кигізілді. Зерттелетін мұздағы қысымды анықтау ішінде орналасқан (S_n) қалайы мен (G_a) галийдің электрлік кедергісін өлшеу арқылы жүзеге асырылды. Үлгіде орналасқан мыс-константан терможүйенің көмегімен оның температурасын бақылап отырдық. Фазалық түрленулердегі көлемнің өзгерісін өлшеу үшін арнайы сызықты орын ауыстыруды электр импульстеріне айналдыратын түрлендіргішті қолдандық. Фазалық түрлену кезіндегі меншікті көлемнің өзгерісін ескеріп, фазалық диаграммаға физико-химиялық талдаулар жасау энтропияның (ΔS), энтальпияның (ΔJ), ішкі энергияның (ΔW) өзгерістермен екі фазаның тепе-теңдік көлбеулік бұрышының тангенсін анықтауға мүмкіндік туғызады.

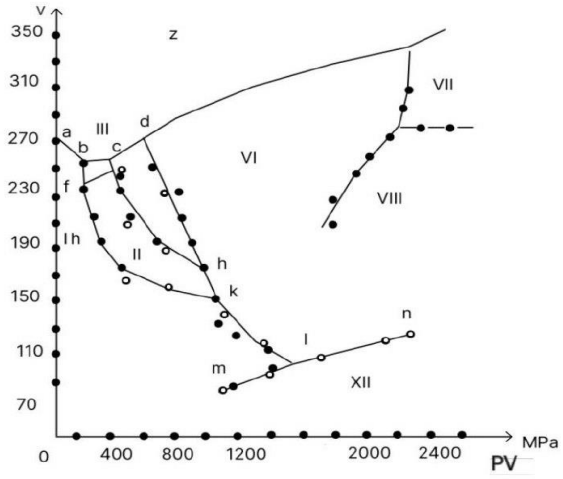
Тірек сөздер: физико-химиялық сипаттамалық функциялар, поликристалл, бірінші текті фазалық түрлену.

Бижигитов, Т. Мұздың фазалық диаграммасын физика-химиялық талдауларды қолданып зерттеу [Мәтін] / Т. Бижигитов, Э. Мадалиева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.328-335. https://doi.org/10.55956/BEXW8184

Кіріспе. Ғалымдар соңғы жылдары физико-химиялық талдау әдісін заттардың электірлік, магниттік, оптикалық қасиеттері мен фазалық түрлену, диффузия, булану жылдамдықтарын зерттеу мақсатында кеңінен қолданып келеді. Тәжірибелік өлшеулер мен теориялық есептеулерден алынған нәтижелердің практикалық маңызы зор. Ғылыми-зерттеу жұмыстарында физико-химиялық талдауды пайдалану эксперименталді және теориялық химия мен физиканы дамытуға үлкен үлесін қосуда. Қазіргі таңда ғылымның өзекті мәселелерінің бірі болып табылатын сыртқы химиялық және физикалық параметрлердің әсерімен тапсырыс бойынша жаңа материалдар алуда немесе табиғат пен өндіріс орындарында өтетін үдерістерді басқаруда

физико-химиялық талдаудың алатын орны ерекше. Біз физико-химиялық әдісті мұздық P-T координатасындағы фазалық диаграммасын зерттеуге қолдандық. Өйткені мұз планетамыздың атмосферасында, бетінде, қойнауында газ, сұйық, қатты күйінде ең көп кездесетін минерал. Жер бетінің 70% су алып жатыр. Оның 98% тұзды, ал 2% тұщы су. 2%-дың 0,025%-ы бұлақтың 0,3% жер бетіне шығаруға энергияны қажет ететін жер асты тұщы суы, 1,6% қатты күйде кездеседі. Мысалы, Антарктидада мұздың қалыңдығы 5000 метрге жетеді. Ғалымдар мұнда тұщы судың қоры өте көп екендігін дәлелдеп отыр. Оның қабаттарында мұздың температура мен қысымға тәуелді бірнеше модификациялары болуы мүмкін. Демек мұз күйлерінің физико-химиялық қасиеттерін зерттеу болашақта туындайтын тұщы су тапшылығын шешуге үлкен ықпалын тигізеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Фазалық түрленулер кезіндегі температура мен қысымның берілген мәндеріне және көлемнің өзгерісін пайдаланып мұздың төменгі температура мен жоғарғы қысымдағы P-T координатасындағы фазалық диаграммасын тұрғыздық.



○ және ● нүктелер – қысымды тұрақты температурада арттырғанда және қысым тұрақты болғанда температураны ұлғайтып кеміткендегі $\frac{\Delta V}{V_0}$ өзгергендегі эксперименталь нүктелер [1,2].

Сурет 1. Мұздың P-T координатасындағы фазалық диаграммасы

Бірінші текті фазалық түрлендірулерді Клаузис-Клапейронның дифференциалдық теңдеуі сипаттайды. Бұл теңдеу екі фазаның тепе-теңдік күйінде химиялық потенциалдар мен Гиббстің еркін энергияларының теңдігінен шығады [5]:

$$\mu'(\mathrm{P},\mathrm{T}) = \mu''(\mathrm{P},\mathrm{T}), Z'(\mathrm{P},\mathrm{T}) = Z''(\mathrm{P},\mathrm{T}) \quad (1)$$

Немесе:

$$d\mu'(\mathrm{P},\mathrm{T}) = d\mu''(\mathrm{P},\mathrm{T}) \quad (2)$$

Бұдан:

$$(\frac{\partial \mu'}{\partial \mathrm{T}})_{\mathrm{p}} d\mathrm{T} + (\frac{\partial \mu'}{\partial \mathrm{P}})_{\mathrm{T}} d\mathrm{P} = (\frac{\partial \mu''}{\partial \mathrm{T}})_{\mathrm{p}} d\mathrm{T} + (\frac{\partial \mu''}{\partial \mathrm{P}})_{\mathrm{T}} d\mathrm{P} \quad (3)$$

$$\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}} = \frac{(\frac{\partial \mu''}{\partial \mathrm{T}})_{\mathrm{p}} - (\frac{\partial \mu'}{\partial \mathrm{T}})_{\mathrm{p}}}{(\frac{\partial \mu'}{\partial \mathrm{P}})_{\mathrm{T}} - (\frac{\partial \mu''}{\partial \mathrm{T}})_{\mathrm{T}}} \quad (4)$$

$$\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}} = \frac{S'' - S\prime}{v'' - v\prime} = \frac{\Delta S}{\Delta v} \quad (5)$$

Химиялық потенциалдың дифференциалы төмендегі формуламен анықталады:

$$d\mu = -SdT + vdp \quad (6)$$

мұндағы, S және v – бір мольдің энтропиясы мен көлемі.

Немесе Клаузус-Клапейрон теңдеуін төмендегідей [6,7,8] түрлендіреміз:

$$\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}} = \frac{\lambda}{\mathrm{T}(v'' - v')} \quad (7)$$

мұндағы: $\lambda. = \mathrm{T}(S'' - S')$ – бір моль немесе бір грамм затқа берілетін жылу мөлшері, $v'' - v'$ – меншікті көлемінің өзгерісі.

Келтірілген теңдеу дене бір фазадан екіншіне өткенде меншікті булану, балқу жылуларын есептегенде өте қолайлы. Мысалы, сұйық буға түрленгенде берілген жылу мөлшері $\lambda > 0$ мен $v'' > v'$ көлем әрқашан артады. Демек $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}} > 0$ қайнау температурасы қысым артқанда көтеріледі. Балқу нүктесі қысым артқанда балқу көлемінің өзгерісіне байланысты артады немесе кемиді. Мұздың P-T координатасындағы фазалық диаграммасына физико-химиялық талдаулар жасау арқылы фазалық түрленулерде меншікті көлемдерінің өзгерістерін ескеріп, энтропияның (ΔS), энтальпияның $\Delta \mathrm{J}$ ішкі энергияның (ΔW)өзгерістерін есептеп анықтадық. Энтропияның $\Delta S_{12} = \frac{\Delta \mathrm{J}_{12}}{\mathrm{T}_m}$, энтольпияның $(\Delta \mathrm{J}_{12})$ фазалық түрленулердегі тепе-теңдік температуралардағы өзгерістерінің шамаларын екі фазаның тепе-теңдік сызығының көлбеулігінің тангенсі арқылы есептедік. Меншікті көлемнің өзгерісі тәжірибе жүзінде өлшенді. Ол үшін Клаузиус-Клайпейронның төменде келтірілген теңдеуін [5] қолдандық:

$$\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m} = \frac{\frac{\partial (Z_1 - Z_2)}{\partial \mathrm{T}}}{\frac{\partial (Z_1 - Z_2)}{\partial P}} = \frac{V' - V''}{S' - S''} = \frac{\Delta V}{\Delta S} = T_k \frac{\Delta V}{\Delta H} \quad (8)$$

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. 1-кестеде мұздың әртүрлі модификациялары үшін тәжірибе жүзінде өлшенген және теориялық есептеулерден алынған температура, қысым, меншікті көлемнің Δv, энтропияның (ΔS), энтальпияның $\Delta \mathrm{J}$, ішкі энергияның ΔWөзгерістерінің мәндері мен фазалық түрленудегі температураның қысымдық $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}}$ коэффициенттерінің шамалары келтірілген.

Кестеден 1h → II, 1h→VI, 1h→ II фазаларының тепе-теңдік көлбеу сызығының бұрышының тангенсі теріс $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$<0 мәндерді иеленеді. $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$ шамасының өзгерісінің қысымға тәуелділігі жуықтап алғанда гиперболалық теңдеумен, ал T_m(p) тепе-теңдік сызығы натурал логарифмдік [9] функциямен сипатталады:

$$(\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m})_{I,II} \approx -\gamma_1(\mathrm{p}_m - 200),\ lnP_{m,I,II} \approx -46\gamma_1 T_{m,I,II} \quad (9)$$

$$(\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m})_{I,V} \approx -\gamma_3(\mathrm{p}_m - 1000),\ lnP_{m,I,V} \approx -230\gamma_3 T_{m,I,V} \quad (10)$$

$$(\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m})_{II,VI} \approx -\gamma_3(\mathrm{p}_m - 300),\ lnP_{m,II,V} \approx -69\gamma_{21} T_{m,I,V} \quad (11)$$

мұндағы, T_m және p_m – екі фазаларының тепе-теңдік сызығына сәйкес келетін температура мен қысым.

Келтірілген эмпериялық жуықтау түзу сызыққа сәйкес келеді. Демек, 1h-XII, V-VI мұз модификацияларының тепе-теңдік сызығы түзу сызыққа жақындайды.

Ал, 1h →XII, III→II, V→VII, VI→VIII, V→XII, VIII→XII, VI→ VII мұз модификацияларының тепе-теңдік сызығының көлбеулік бұрышының тангенсінің $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$>0 таңбалары оң мәндерді қабылдайды.

1-кестеде келтірілген физико-химиялық параметрлер бойынша талдаулар жасасақ 1h→II, 1h→III, 1h→VI, 1h→XII бір-біріне түрленгендегі меншікті көлемдерінің өзгерісі үлкен, ал II→V, VI→VIII түрленулерінде шамалы екендігін көреміз. (200-250) К температура және (1700-2100) МПа қысым аймағында мұздың VI, VIII модификациялары бір-біріне түрленгенде меншікті көлемнің өзгерісі өлшеу қателігіне жуық өте кіші шамаға тең. Фазалық түрленулер кезінде изотермалық өлшеулер арқылы анықталған мұз модификацияларының меншікті көлемдерінің өзгерісі изобаралық өлшеулермен сәйкес келеді. Фазалық димаграммада келтірілген барлық мұз модификациялары үшін фазалық өтулерде қысым артып, температура төмендегенде меншікті көлемдерінің өзгерісі кемиді. Көлемнің салыстырмалы өзгерістері жуықтап алғанда қысымға пропорционал. Фазалық диаграммадағы барлық мұз модификацияларының бірініші текті фазалық түрленгендегі, тәжірибе жүзінде өлшенген көлемдерінің өзгерістерін ΔV пайдаланып, меншікті $\mathrm{p}\Delta V$ жұмыстың, энтальпияның $\Delta W + \mathrm{p}\Delta V$, ішкі энергияның ΔW өзгерістерін анықтадық. Есептеулердің нәтижесінде тепе-теңдік күйді сипаттайтын сызықтың көлбеулік бұрышының тангенсі $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$<0 кіші болғанда энтальпия мен ішкі энергияның өзгерістері төменгі қысымдағы фазадан жоғарғы қысымдағы фазаға түрленгенде энтропия мен ішкі энергияның оң мәндерді иеленеді. Бірінші текті фазалық түрлену кезінде тепе-теңдік сызығының көлбеулік бұрышының тангенсі $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$>0 оң болғанда энтальпияның өзгерісі жоғары қысымдағы фазаға өткенде, (1h→XII) ішкі энергияның өзгерісінің таңбасы теріс, ал VI→VII, VIII→XII өткенде керісінше оң болады.

Энтропияның мәндерінің өзгерісі қарастырып отырған барлық жағдайларда $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$>0 болғанда $\Delta S < 0$ теріс мәндерді қабылдайды. $\frac{d\mathrm{P}}{d\mathrm{T}_m}$<0

теңсіздігі қанағаттанса, энтропияның өзгерісі $\Delta S > 0$ оң мәндерді иеленеді. Барлық фазалық түрленулерде $\frac{dP}{dT_m}$<0 болғанда ішкі энергияның оң өзгерісі энтальпияның оң өзгерісінен едәуір үлкен болатынын көреміз.

Кесте 1

Физико-химиялық параметрлер бойынша талдаулар

Түрленулер	P_m, МПа	T_m, К	$-\Delta V \times 10^{-7}$ м^3/моль	$-\frac{dP}{dT_m}$, МПа/К	$\Delta S \times 10^{-2}$ Дж / моль	$\Delta J \times 10^2$ Дж / моль	$-p\Delta V \times 10^2$Дж / моль	$\Delta W \times 10^2$ Дж / моль
1h → II	200	230	39,02	1,25	490	11,25	7,85	19,10
	250	210	38,05	2,50	970	20,36	97,25	30,08
	310	190	39,00	5,00	1995	37,07	12,36	49,40
	420	170	42,04	11,10	4749	80,74	17,74	98,45
1h → III	205	250	38,09	1,00	321	80,25	7,70	15,75
1h → VI	1050	153	56,30	20	1120	168	56,35	22,45
	1150	133	63,35	12,5	7121	92,56	69,65	16,21
	1395	113	66,70	20	7504	82,50	86,71	16,92
1h → XII	1415	100	21,00	-20	-4200	-42,05	31,53	-10,50
	1200	90	26,60	-20	-5320	-47,88	31,92	-15,95
1h → II	300	183	38,53	5,5	2129	40,64	11,54	52,19
	500	165	36,45	12,5	4550	76,44	18,20	94,64
	750	155	38,61	25	5514	87,15	29,95	116,07
1h → VI	1100	140	52,60	7,6	4046	57,45	57,86	115,33
	1200	128	58,93	20	11780	134,29	82,46	216,75
	1400	115	59,00	12,5	7375	94,33	70,80	165,13
II → V	230	420	35,00	5	175	4,02	1,47	54,95
	210	500	27,00	10	270	5,67	1,35	70,20
	190	670	28,30	12,5	350	6,65	1,87	85,26
III → V	345	250	11,3	2,5	283	7,07	39,55	11,03
V → VI	624	250	9,00	5	450	11,25	5,58	16,83
	800	230	7,25	5	263	6,04	5,60	11,64
	810	213	5,60	3,7	210	4,41	4,53	8,94
	900	193	7,00	5	350	6,65	6,30	12,95
VI → VII	2200	300	8,44	-1,25	5,0	0,15	18,48	18,33
	2250	315	9,10	-1,25	5,0	0,16	20,47	20,31
P = const								
1h → II	300	180	38,55	5,5	2129	40,64	11,55	52,19
	500	168	36,40	12,5	4550	76,44	18,20	94,64
	750	155	38,64	25	5514	87,12	28,95	116,07
1h → VI	1100	140	52,60	7,7	4046	57,45	57,86	11,53
	1200	125	58,92	20	11780	134,29	82,46	216,75
	1400	115	59,00	12,5	7325	94,33	70,80	165,13
II → V	500	210	3,90	11,11	433	9,10	19,55	11,05
	750	190	4,10	12,5	513	9,74	30,75	12,82
V → VI	750	230	6,30	3,7	233	5,40	4,72	1013
VII → XII	2150	125	12,00	-16,6	-2000	-24,00	25,80	1,80
	2300	135	12,70	-16,6	-2117	-27,30	29,21	1,91
VI → XII	1700	110	2,10	-16,0	-350	-3,78	35,70	-0,21
	1450	105	2,10	-25	-525	-5,25	29,42	-2,31
	1250	90	2,10	-25	-525	-4,72	25,30	-2,20

Кесте 2

Мұздың фазалық диаграммада үштік нүктелерінің координаталары

Тепе-теңдік күйдегі фазалар	Үштік нүктелер	Р, МПа	Т, К
1h-II- III	f	243	200
II- III -V	g	252	350
II-V-VI	h	173	970
1h-II-VI	k	153	1070
1h- VI-XII	ℓ	105	1550

Кестеде мұз үшін бестік нүктелер f, g, h, k, ℓ көрсетілген. Оның ішіндегі екі үштік (f, g) нүктелер қатты фазалар шекараларында кездеседі, ал

қалған (h, k, ℓ) үштік нүктелер сұйықпен шекарада түйіседі. Кестеде келтірілген үштік нүктелердің P-T координаталары алғаш рет [2] анықталып отыр.

Қорытынды. Мақала авторлары алғаш рет жоғары (0-2500) МПа қысым мен төменгі (0-250) К температурада тұрғызылған фазалық диаграммасына физика-химиялық талдаулар жасап, бірінші текті фазалық түрлену кезіндегі сипаттамалық функциялардың өзгерістерін анықтады.

Фазалардың шекараларын анықтайтын сызықтардың еңкіштік бұрышының тангенсінің $\frac{dP}{dT}$ таңбасын анықтау арқылы алғаш рет сипаттамалық функциялардың таңбаларына талдаулар жасалды.

Әдебиеттер тізімі

1. Hobbs, P.V. Ice Physics. – Oxford clazendon pzess, 1974. – 837 p.
2. Bizhigitov N., Sembiyeva A. Studu the Diagram of the Thermodynamic state of ice at High-Pressure and how-temperature in the P-T Coordinate //Jour of Adv Research in Dynamical control systems. – 2019. – Vol. 11. – No. 6.
3. Кушербаева М. Устройство для получения давления до 3000 МПа [Текст] / М. Кушербаева, Т. Бижигитов //Научный журнал. Механика и технологии. – 2017. – № 1(55). – С. 162-167.
4. Бижигитов Т. Измерение давления, температуры и объемных изменений в камере высокого давления при низких температурах [Текст] / Т. Бижигитов, М.Р. Кушербаева //Научный журнал. Механика и технологии. – 2017. – № 1(55). – С. 167-171.
5. Бижигитов, Т. Статистикалық физика. Физикалық кинетика негіздері [Мәтін]: оқулық / Т. Бижигитов. – Алматы: «Альманахъ», 2022. – 256 б.
6. Бижігітов, Т. Молекулалық физика [Мәтін]: оқулық / Т. Бижігітов, Е.К. Актаев. – Алматы: Экономика, 2017. – 481 б.
7. Бижигитов, Т. Жалпы физика курсы. 1 Том Механика, Молекулалық физика [Мәтін]: оқулық / Т. Бижігітов. – Алматы: «Лантар books», 2024. – 492 б.
8. Bizhigitov T, Yelibaeva A. The dependence of the compession modulus of ice-six and the coefficient of volume expansion on pressure and temperature //Вестник КазНПУ имени Абая, Серия «Физико-математические науки». – 2020. – No. 2(70).
9. Bizhigitov T., Sembieyeva A., Zhumadilov Yu. The reseazch of elastic properties of polymorphic II, III ice tupes at high pressure (0-2500 MPa) and low temperature (250-90K) //Science and Wored International Scientific journal. – 2020. – Vol. 1. – No. 1(77).

Материал редакцияға 11.11.24 түсті.

Т. Бижигитов[1], Э. Мадалиева[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ЛЬДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ

Аннотация. В статье сделан физико-химический анализ фазовой диаграммы льда в координатах P-T при высоком (0-2500) МПа давлении и низкой (90-250) К температуре. С целью изучения фазовой диаграммы льда при давлении 2500 МПа и температуре от 90 К до температуры 250 К была рассчитана конструкция камеры поршнево-цилиндрического типа высокого давления. В целях повышения прочности камеры цилиндры, прошедшие термообработку трех концентрических слоев, подвергались нагреванию и принудительному наложению друг на друга.

Определение давления в исследуемом льду осуществлялось путем измерения электрического сопротивления олова и галлия (G_a), расположенных внутри(S_n). С помощью медно-константовой термосистемы, расположенной в образце, мы контролировали его температуру. Для измерения изменения объема в фазовых преобразованиях мы использовали специальный преобразователь, который преобразует линейное смещение в электрические импульсы. Проведение физико-химических анализов фазовой диаграммы с учетом изменения удельного объема при фазовом преобразовании позволяет определить тангенс угла равновесного наклона двух фаз с изменениями энтропии (ΔS), энтальпии (ΔJ),внутренней энергии (ΔW).

Ключевые слова: физико-химические характеристические функции, поликристалл, фазовое превращение первого рода.

T. Bizhigitov[1], E. Madaliyeva[1]

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

INVESTIGATION OF THE ICE PHASE DIAGRAM USING PHYSICO-CHEMICAL ANALYSES

Abstract. The article provides a physico-chemical analysis of the ice phase diagram in P-T coordinates at high (0-2500) MPa pressure and low (90-250) K temperature. In order to study the phase diagram of ice at a pressure of 2500 MPa and a temperature from 90 K to a temperature of 250 K, the design of a high-pressure piston-cylindrical chamber was calculated. In order to increase the strength of the chamber, the cylinders that had undergone heat treatment of three concentric layers were heated and forced to overlap each other. The pressure in the ice under study was determined by measuring the electrical resistance of tin and gallium (G_a) located inside (S_n).

Using a copper-constantane thermosystem located in the sample, we controlled its temperature. To measure the volume change in phase transformations, we used a special converter, which converts linear displacement into electrical pulses. Carrying out physico-chemical analyses of the phase diagram, taking into account the change in specific volume during phase transformation, allows us to determine the tangent of the angle of equilibrium inclination of the two phases with changes in entropy (ΔS), enthalpy (ΔJ), internal energy (ΔW).

Keywords: physico-chemical characteristic functions, polycrystal, phase transformation of the first kind.

References

1. Hobbs, P.V. Ice Physics. – Oxford clazendon pzess, 1974. – 837 p.
2. Bizhigitov N., Sembiyeva A. Studu the Diagram of the Thermodynamic state of ice at High-Pressure and how-temperature in the P-T Coordinate //Jour of Adv Research in Dynamical control systems. – 2019. – Vol. 11. – No. 6.
3. Kusherbayeva M., Bizhigitov T. Ustroystvo dlya polucheniya davleniya do 3000 MPa [Device for obtaining pressure up to 3000 MPa] //Scientific journal. Mechanics and Technology. – 2017. – No 1(55). – P. 162-167. [in Russian].
4. Bizhigitov T., Kusherbayeva M.R. Izmereniye davleniya, temperatury i ob"yemnykh izmeneniy v kamere vysokogo davleniya pri nizkikh temperaturakh [Measurement of pressure, temperature and volumetric changes in a high-pressure chamber at low temperatures] // Scientific journal. Mechanics and Technology. – 2017. – No 1(55). – P. 167-171. [in Russian].

5. Bizhigitov, T. Statistikalyk¸ fizika. Fizikalyk¸ kinetika negízderí [Statistical physics. Physical kinetics of changes]: textbook. – Almaty: «Al'manakh"», 2022. – 256 p. [in Kazakh].
6. Bizhigitov, T., Aktaev, E.K. Molekulalıq fizika [Molecular physics]: textbook. – Almaty: Economy, 2017. – 481 p. [in Kazakh].
7. Bizhigitov, T. Jalpı fizika kursi. 1 Tom Mehanika, Molekulalıq fizika [General physics course. Volume 1 Mechanics, Molecular physics]: textbook. – Almaty: «Lantar books», 2024. – 492 p. [in Kazakh].
8. Bizhigitov T, Yelibaeva A. The dependence of the compession modulus of ice-six and the coefficient of volume expansion on pressure and temperature //Vestnik KazNPU imeni Abaya, Seriya “Fiziko-matematicheskiye nauki” [Bulletin of Abai Kazakh National Pedagogical University, Series “Physical and Mathematical Sciences”]. – 2020. – No 2(70).
9. Bizhigitov T., Sembieyeva A., Zhumadilov Yu. The reseazch of elastic properties of polymorphic II, III ice tupes at high pressure (0-2500 MPa) and low temperature (250-90K) //Science and Wored International Scientific journal. – 2020. – Vol. 1. – No. 1(77).

IRSTI 64.29.09

A.M. Baitureev[1] – *main author,*
Zh.A. Yertaeva[2], A.T. Onlabekova[3]

[1]*Candidate of Technical Sciences, Professor,*
[2]*Master of Physics, Associate Professor, Director,*
[3]*PhD, Associate Professor*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-2752-4969* [3]*https://orcid.org/0000-0003-4379-0586*

[1,3]*M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*
[2]*Professional Humanitarian and Technical College "Bilim", Taraz, Kazakhstan*

@ [1]*bam150348@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UDJU2179

INVESTIGATION OF THE SLOPE ANGLE INFLUENCE ON A DRUM WITH A MIXED HEAT TREATMENT MODE ON THE DRYER PERFORMANCE

Abstract. The article presents the results of an experimental study on drying raw cotton. As a result of experimental and pilot industrial tests, the possibility of concentrating the drying agent in the "Drop zone" of raw cotton, leading to improve work efficiency of the drum dryer has been proven. A criterion equation for calculating the technological parameters of the raw cotton drying process in drum dryers with a mixed heat treatment regime has been obtained.

Within the process of studying the influence of the slope angle of the drum with a mixed heat treatment mode on the technological parameters of the drying process, the following was revealed, the rational slope angle drum towards loading is α=(-1)÷(-2°) at the speeds of the drying agent at the drum entrance is ϑ_{in}=1.98÷2.12 m/s. The same speed values, rational filling of the drum with material ensures optimal dryer performance.

Keywords: drum dryers; slope angle; speed, drying agent; productivity, stay period.

Baitureev A.M., Yertaeva Zh.A., Onlabekova A.T. Investigation of the slope angle influence on a drum with a mixed heat treatment mode on the dryer performance //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.336-342. https://doi.org/10.55956/UDJU2179

Introduction. Agro-industrial complexes and farms face the difficult task of meeting the increasing demand of the population for high-quality agricultural products and minimizing losses of the harvest.An important factor consists not only in an increase of crop yields, but also their highly efficient heat treatment, required for creating conditions during their long-term storage.

Being an important and energy-intensive process – drying is one of the heat treatment types. Drum dryers are most widely used in cotton factories. These units are easy to maintain and they are reliable in operation.

With the growth of raw cotton production and the requirements for improving the quality of cotton products, mechanical engineering faces the task of continuously increasing the production of new progressive machines and aggregates for primary processing of cotton.

Today, increasing the quality of products produced by the cotton ginning industry, increasing labor productivity, reducing its cost, increasing the manufacturability of reliability and machines, at the same time, comprehensive mechanization and automation of the technological process of primary cotton processing require the creation of more and more modern technologies and equipment in this industry.

2SB-10 type drum dryers are installed in drying departments at cotton cleaning factories in Kazakhstan and other Central Asian countries [1]. After drying the raw cotton, the cotton seeds are separated from the fiber and sent to the nearest fat-and-oil plant and stored before processing to obtain vegetable oil.

In the production of primary processing of raw cotton, a special feature is the continuous operation of the technological process. When processing a material, which involves different equipment functions that are interconnected in terms of output performance [1].

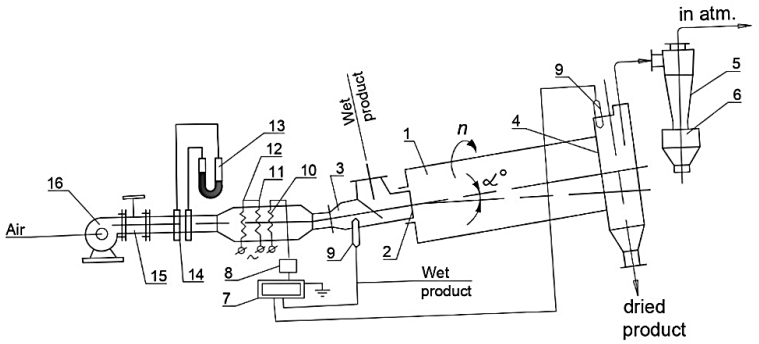
As a result of experimental and pilot industrial tests, the possibility of concentrating the drying agent in the "Drop zone" of raw cotton has been proven, leading to an improve in the efficiency of the drum dryer. A criterion equation for calculating the technological parameters of the drying process of raw cotton in drum dryers with a mixed heat treatment regime has been obtained [1].

Preliminary and innovative patents for inventions have been obtained for the device and methods of raw cotton drying [2,4,8,9].

As a result of modernization, drum dryers have become highly efficient and competitive with modern drying equipment, and even surpass it in ease of manufacture and maintenance. This paper presents the theoretical and practical results of many years of research [2-10].

Materials and methods. An experimental drying installation was developed and manufactured and experimental studies of the raw cotton drying process were carried out.

The drum is loaded with the test sample through the feeder *3* (Fig. 1), the air heated to the desired temperature in the electric heater of the drying drum (*10, 11, 12*). At the inlet of the drying drum, the air temperature is constantly maintained using the control elements (*7, 8, 9*). The control of the supplied air volume is carried out using a diaphragm and a pressure gauge *14, 15* – adjust the valve.



1 – heat carrier; 2 – loading; 3 – feeder; 4 – unloading; 5 – cyclone; 6 – bunker; 7 – potentiometer; 8 – relay; 9 – thermocouple; 10,11,12 – electric heater; 13 – differential pressure gauge; 14 – diaphragm; 15 – valve (damper); 16 – drying fan.

Fig. 1. Drying installation

From the unloading chamber the dried raw cotton is extracted *4*, and the treated particles from impurities and dust *5* are discharged to the outside.

The distinctive side of the proposed solution is that the drum dryer is installed with a slope towards the loading material. Also, the design of the drum has undergone a change. This in turn increased the productivity of the installation. An improved drum with an inclination towards loading the material makes it possible to increase the residence time of this material in the drying zone, as a result of which the process of heat treatment of raw cotton is improved [11]. The installation is automated and operates in both batch and continuous modes.

Research results. To determine the optimal values of the modernized drum dryer technological parameters experiments were carried out. The research methodology involved studying the influences of the following parameters in the drum dryer:

- influence of the slope angle of the unit (α^o) on the stay period of raw cotton in the drum when changing the speed of the heat carrier ϑ, m/s;

- the influence of the slope angle of the unit (α^o) on the performance of the drum when the speed of the heat carrier changes ϑ, m/s.

When determining the effect of the slope angle of the unit (α^o) on productivity, the stay period of the material (raw cotton) in the drum dryer was based on the production conditions for drying raw cotton in 2SB-10 drum dryer.

The studies were carried out at the following speeds of the heat carrier at the entrance to the drum: ϑin = 1.56 m/s (which corresponds to V = 22000 m^3/h, which corresponds to production conditions); ϑin = 1.70 m/s (V=24000 m^3/h); ϑin = 1.84 m/s (V=26000 m^3/h); ϑin = 1.98 m/s (V=28000 m^3/h); ϑin = 2.12 m/s (V=30000 m^3/h); ϑin = 2.26 m/s (V=32000 m^3/h) and the slope angle of the drum towards the loading side is $\alpha = 0^o$; -1°; -2°; -3°.

Before the start of the experiment, a given slope angle of the drum, rotation speed and coolant flow were established based on the pressure drop across the diaphragm. A stationary mode was established within 20 minutes, after which raw cotton was fed into the drum.

Samples of cotton raw material are taken in a stable state and the performance of the drum is measured (kg/s). During this period, loading of material does not stop. All parameters of the experimental device were selected, analyzed and recorded 3 times, and the obtained data were averaged.

After sampling is completed, feeding the raw cotton was stoped, all the raw cotton from the drum was placed into a special container, the residence time of the material in the drum was measured and determined by formula:

$$\tau_{cp} = \frac{G_a}{G} \quad (1)$$

where: τ_{av} – average residence time of the material in the drum, s; G – drum performance, kg/s; G_a – amount of material in the drum, kg [11].

The results of the experiments are summarized in Table 1. Based on the experimental data, graphs were constructed of the influence of the drum inclination angle (α^o) on the stay period of raw cotton in the drum (Fig. 2) and on the performance of the dryer depending on the speed of the drying agent (Fig. 3).

Table 1

Study of the influence of drum angle on stay period and performance of the drum dryer

No.	Drum slope angle, α°	Drum performance		Amount of material in the drum G_a, kg	Average stay period, τ_{cp}, c	Rotation number, n, rot/min
		kg/min	kg/s			
Θ_{in} = 1.6 m/s; Δh = 9.0 mm.water column						
I	0	0.66	0.011	1.50	133.2	10
	-1	0.51	0.0085	1.60	187.2	10
	-2	0.38	0.0063	1.72	271.8	10
	-3	0.28	0.0047	1.60	344.4	10
Θ_{in} = 1.70 m/s; Δh = 11.0 mm.water column						
II	0	0.67	0.0112	1.20	109.2	10
	-1	0.58	0.0097	1.70	174.6	10
	-2	0.46	0.0077	1.93	252.0	10
	-3	0.37	0.0062	2.0	330.0	10
Θ_{in} = 1.84 m/s; Δh = 13.0 mm.water column						
III	0	0.68	0.0113	1.03	91.2	10
	-1	0.64	0.0107	1.66	155.4	10
	-2	0.55	0.0092	2.20	240.0	10
	-3	0.43	0.0072	2.20	309.6	10
Θ_{in} = 1.98 m/s; Δh = 15.0 mm.water column						
IV	0	0.68	0.0113	0.92	81.6	10
	-1	0.68	0.0113	1.64	145.2	10
	-2	0.63	0.0105	2.43	231.0	10
	-3	0.58	0.0097	3.06	316.8	10
Θ_{in} = 2.12 m/s; Δh = 18.0 mm.water column						
V	0	0.68	0.0113	0.77	68.4	10
	-1	0.68	0.0113	1.62	143.4	10
	-2	0.68	0.0113	2.58	222.0	10
	-3	0.63	0.0105	3.22	306.0	10
Θ_{in} = 2.26 m/s; Δh = 20.0 mm.water column						
VI	0	0.68	0.0113	0.65	57.6	10
	-1	0.68	0.0113	1.46	129.0	10
	-2	0.68	0.0113	2.35	207.0	10
	-3	0.68	0.0113	3.20	282.0	10

Discussion. From the analysis of the graph (Fig. 3) of the influence of the drum slope angle on the performance of the drying unit depending on the speed of the heat carrier, it can be seen that with an increase in the slope angle towards the load, the productivity increases and, having reached the inclination angle α=(-1°) further decreases. The graph also shows that the rational slope angle of the drum towards the loading side is α=(-1)÷(-2°) at drying agent speeds ϑ=1.98÷2.12 m/s. At the same values, rational filling of the drum with material is ensured, which leads to efficient heat and mass transfer.

The experiments were carried out at the drum speed n=10 pot/m, because the design of the discharge blades of the 2SB-10 dryer at a drum rotation speed of n=10 rpm ensures stable operation of the dryer with rational filling of the drum (35%), when it contains up to 1500 kg of raw cotton [10].

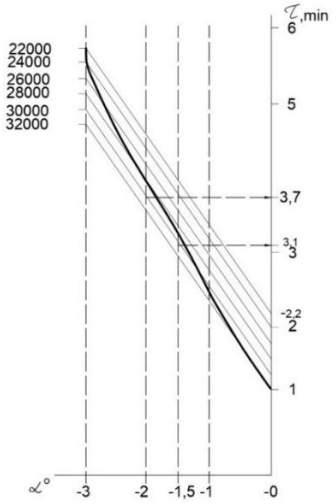


Fig. 2. The influence of the drum slope angle (α^o) on the stay period of raw cotton in the drum depending on the speed of the heat carrier

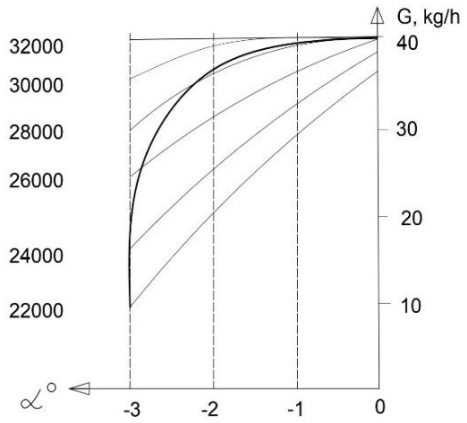


Fig. 3. The influence of the drum slope angle (α^o) on the performance of the drying drum depending on the speed of the heat carrier

Conclusion. In the process of studying the influence of the slope angle of the drum with a mixed mode of heat treatment on the technological parameters of the drying process, it was revealed that the rational slope angle of the drum towards the loading is $\alpha=(-1)\div(-2°)$ at the speed of the drying agent at the inlet into the drum $\vartheta in=1.98\div2.12$ m/s. At the same speed values, rational filling of the drum with material and optimal dryer performance are ensured.

References

1. Baytureev A.M. Intensifikatsiya protsessa sushki khlopka-syrtsa v barabannom sushil'nom agregate [Intensification of the drying process of raw cotton]: monograph. – Taraz: Taraz University, 2017. – 168 p. [in Russian].
2. Baytureev A.M., Kuatbekov M.K. Ustroystvo dlya sushki khlopka-syrtsa [Device for drying raw cotton] // Preliminary patent of the Republic of Kazakhstan No. 14030. 2004. Bull. No. 2. [in Russian].
3. Baytureev A.M., Kuatbekov M.K., Tshanov A.K. Sravnitel'nyye issledovaniya protsessa sushki khlopka-syrtsa v barabannykh ustanovkakh i sposobov modernizatsii barabannykh sushilok [Comparative studies of the process of drying raw cotton in drum units and ways to modernize drum dryers] // Nauka i obrazovaniye Yuzhnogo Kazakhstana. Ser.: protsessy i ustroystva [Science and education of Southern Kazakhstan. Ser.: processes and devices]. – 2005. – Vol. 48. – No. 8. – P. 26-28. [in Russian].
4. Baytureev A.M., Kuatbekov M.K.. Sposob sushki khlopka-syrtsa [Method of drying raw cotton] // Positive decision to issue preliminary patent of the Republic of Kazakhstan No. 931569.1. 1995. Bull. No. 4 (11). [in Russian].
5. Kuatbekov M.K., Baytureev A.M., Tshanov A.K. Issledovaniye izmeneniya vlazhnosti khlopka-syrtsa po dline barabana [Research on changes in the moisture content of raw cotton along the length of the drum] // Nauka i obrazovaniye Yuzhnogo Kazakhstana. Ser.: protsessy i ustroystva [Science and education of Southern Kazakhstan. Ser.: processes and devices]. – 2005. – Vol. 48. – No. 8. – P. 83-85, [in Russian].
6. Kuatbekov M.K., Baytureev A.M., Tshanov A.K. Issledovaniye izmeneniy temperatury khlopka-syrtsa po dline sushil'nogo barabana [Research on changes in the temperature of raw cotton along the length of the drying drum] // Nauka i obrazovaniye Yuzhnogo Kazakhstana. Ser.: protsessy i ustroystva [Science and education of Southern Kazakhstan. Ser.: processes and devices]. – 2005. – Vol. 48. – No. 8. – P. 85-87, [in Russian].

7. Baytureev A.M., Medieva G.A., Zhunusov T.T. Puti povysheniya nadezhnosti i effektivnosti sushil'nykh barabanov pri ekspluatatsii na predpriyatiyakh khlopchatobumazhnoy promyshlennosti [Ways to improve the reliability and efficiency of drying drums during operation at cotton industry enterprises] // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. – 2013. – Vol. 47. – No. 1. – P. 57-63. [in Russian].
8. Baytureev A.M., et all. Sposob sushki sypuchikh i granulirovannykh materialov [Method of drying bulk and granular materials] // Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 27779. 2013. Bull. No. 12. [in Russian].
9. Baytureev A.M., et all. Sposob sushki sypuchikh i granulirovannykh materialov [Method of drying bulk and granular materials] // Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 27780. 2013. Bull. No. 12. [in Russian].
10. Uldyakov A.I. Sushka khlopka-syrtsa [Drying raw cotton]. – Moscow: Legkaya industriya [Light industry], 1975. – 142 p. [in Russian].
11. Musabekov Ch.Kh., Baytureev A.M., Ertaeva Zh.A. Izucheniye vliyaniya ugla naklona barabana i skorosti podachi okhlazhdayushchey zhidkosti na koeffitsiyent zapolneniya barabana [Study of the influence of the drum inclination angle and coolant speed on the drum fill factor] // Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Molodezh' i nauka” [Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference “Youth and Science”]: Vol. 1. – Nizhny Tagil: NTI (branch) UrFU, 2016. – P. 236-239. [in Russian].

Material received on 04.03.24.

А.М. Байтуреев[1], Ж.А. Ертаева[2], А.Т. Оңлабекова[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]«Білім» кәсіби гуманитарлық-техникалық колледжі» ЖШС, Тараз қ., Қазақстан

АРАЛАС ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ РЕЖИМДІ (SB-CRT) БАРАБАННЫҢ КӨЛБЕУ БҰРЫШЫНЫҢ КЕПТІРГІШТІҢ ЖҰМЫСЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада шитті мақтаны кептіру бойынша тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері берілген. Эксперименталды және тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтардың нәтижесінде кептіргіш агентті шитті мақтаның «тамшылау аймағында» шоғырландыру мүмкіндігі дәлелденді, бұл барабанды кептіргіштің тиімділігін арттыруға әкелді. Аралас термиялық өңдеу режимі (КБ-АТӨ) бар барабан қондырғыларында шитті мақтаны кептіру процесінің технологиялық параметрлерін есептеудің критериалды теңдеуі алынды. Аралас термиялық өңдеу режимі бар барабанның көлбеу бұрышының кептіру процесінің технологиялық параметрлеріне әсерін зерттеу барысында келесілер анықталды: барабанның көлбеу бұрышы α=(-1)÷(-2°) болғанда рационалды кептіру агентінің барабанға кіру жылдамдығы $\vartheta_{вх}$=1,98÷2,12 м/с жүктемеде болады. Осы жылдамдық мәндерінде барабанды материалмен ұтымды толтыру және кептіргіштің оңтайлы өнімділігі қамтамасыз етіледі.

Тірек сөздер: кептіру барабаны, көлбеу бұрышы, жылдамдық, кептіру агенті, өнімділік, тұру уақыты.

А.М. Байтуреев[1], Ж.А. Ертаева[2], А.Т. Онлабекова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]ТОО «Профессиональный гуманитарно-технический колледж «Білім», г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА БАРАБАНА СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ (СБ-СРТ) НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СУШИЛКИ

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по сушке хлопка сырца. В результате экспериментальных и опытно-промышленных испытаний доказана возможность сосредоточения сушильного агента в «зоне падения» хлопка-сырца, ведет к повышению эффективности барабанной сушилки. Получено критериальное уравнение расчета технологических параметров процесса сушки хлопка-сырца в барабанных агрегатах со смешанным режимом термообработки (СБ-СРТ). В процессе исследования влияния угла наклона барабана со смешанным режимом термообработки (СБ-СРТ) на технологические параметры процесса сушки выявлено, что рациональным углом наклона барабана в сторону загрузки является α=(-1)÷(-2°) при скоростях сушильного агента на входе в барабан $\vartheta_{вх}$=1,98÷2,12 м/с. При этих же значениях скорости обеспечивается рациональное заполнение барабана материалом и оптимальная производительность сушилки.

Ключевые слова: сушильный барабан, угол наклона, скорость, сушильный агент, производительность, время пребывания.

МРНТИ 64.37.23

Д.К. Рахметбай[1] – *основной автор*, **М.Ш. Джунисбеков[2], М.Ш. Шардарбек[3], Т.Ж. Кодиров[4]**

[1]*Докторант,* [2]*Канд. техн. наук, профессор,*
[3]*Канд. техн. наук, доцент,* [4]*Д-р техн. наук, профессор*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0007-4339-845X* [2]*https://orcid.org/0000-0002-5383-8400*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-9787-5684* [4]*https://orcid.org/0009-0003-8112-221X*

[1,2,3]*Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*
[4]*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Республика Узбекистан*

@ [1]karakulova.zharkinkul@mail.ru

©

https://doi.org/10.55956/TZGK4125

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ХРОМОВОГО ЭКСТРАКТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ СОСТАВА ДЛЯ ПРЯМОГО ДУБЛЕНИЯ

Аннотация. Химии хрома, его взаимодействию с коллагеном и способам применения посвящено множество исследовательских и экспериментальных работ. Однако и по сей день сумма этих работ не позволила собрать воедино в одном способе даже известные положительные свойства хрома. Таким образом, когда качественные показатели продукции на мировом рынке стали приоритетными и возрос спрос на мех с высокими физико-механическими свойствами, одним из перспективных направлений в хромовом дублении становится совершенствование методов дубления, при котором хром восстанавливается непосредственно на волокнах дермы. Современная теория дубления предполагает, что этот метод может привести к производству меха более высокого качества, превышающего нынешние показатели прочностных свойств. С этой целью, была проведена серия экспериментов по получению хромового дубителя нового состава. Результаты полученных данных показывают, что новый хромовый дубитель, полученный восстановлением в растворе состава, применяемого для прямого дубления, обладает несколько иными технологическими свойствами, которые проявляются в свойствах готового меха.

Ключевые слова: хромовое дубление, хромовый экстракт, температура сваривания, сульфат аммония, овчина, прямое дубление.

Рахметбай, Д.К. Изучение свойств хромового экстракта, полученного из состава для прямого дубления [Текст] / Д.К. Рахметбай, М.Ш. Джунисбеков, М.Ш. Шардарбек, Т.Ж. Кодиров //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.343-347. https://doi.org/10.55956/TZGK4125

Введение. Дубление включает в себя ряд физических, химических и биологических операций, которые расширяют возможности применения шкур и приносят экономическую выгоду обществу [1]. В настоящее время наиболее часто используемым дубителем является хромовый дубитель [2]. Это подтверждается тем фактом, что во всем мире 90% кожевенных и меховых заводов по-прежнему дубят с использованием хрома [3]. Причина, по которой хромовый дубитель широко используется, связана с его превосходными дубильными свойствами [4]. Однако система хромового

дубления столкнулась с большими проблемами [5]. Единственный способ решить существующие проблемы в условиях жесткой конкуренции – это инновации в отрасли.

Наиболее перспективным методом является улучшение хромового дубления. Изучение состава, свойств и взаимодействия хромового комплекса с коллагеном, полученного восстановлением хрома непосредственно на волокне с получением достоверных данных на сегодняшний день считается практически невозможным, а также не отрицая необходимости применения готового хромового экстракта или сухого хромового дубителя с возможно улучшенными свойствами при ожидаемом экономическом эффекте и улучшением условий труда, была проведена серия экспериментов по получению хромового дубителя нового состава.

Причем, изучение состава, свойств и технологических свойств нового дубителя, может до некоторой степени помочь изучению и совершенствованию, как механизма прямого дубления, так и вообще механизма дубления восстановлением хрома непосредственно на волокне дермы шкуры.

Учитывая общеизвестные данные восстанавливаемости Cr^{+6} в Cr^{+3} и известные восстановители хрома, в том числе нами применяемые, такие как бисульфит аммония, тиосульфат натрия, а также состав получающегося при этом хромового комплекса, в данной работе изучали влияние сульфата аммония на состав и дальнейшие свойства хромового дубителя, полученного в его присутствии. Тиосульфат натрия является полезным восстановителем, который имея одновременно несколько направлений реакции в данной системе, усложняет как теорию, так и практику данного процесса [6].

Условия и методы исследований. В каждый из семи 100 мл растворов бихромата натрия, содержащего 20 грамм Cr_2O_3, добавили по 18 грамм H_2SO_4 и соответственно по 1 грамму сульфата аммония в первый раствор, 2 грамма во второй и т.д. до 7 грамм в седьмой раствор.

Данные пределы расхода сульфата аммония для получения хромового дубителя диктовались из теории двухванного метода дубления, т.е. начиная с учета отсутствия кислотного нажора при обработке полуфабриката дихромовой кислотой до добавления различных солей хромирующей ванны до 7% по различным практическим соображениям. Далее все изучаемые растворы восстанавливали добавлением восстанавливающего раствора, применяемого нами в прямом дублении, до полного восстановления хрома.

При этом получали экстракты цветом от светло-изумрудного в первом варианте и синем в седьмом варианте. Цвет экстракта изменялся в зависимости от количества добавленного сульфата аммония и возрастал в темную сторону с увеличением его доли в растворе. Причем, несмотря на одинаковое количество бихромата натрия во всех растворах, расход восстановителя увеличивался в соответствии с увеличением сульфата аммония в растворе.

Дубящую способность полученных хромовых экстрактов изучали дублением образцов, вырезанных из чепрачной части пикелеванного полуфабриката, выработанного по типовой методике и разделенного методом асимметрической бахромы. Расход хромового экстракта во всех вариантах был одинаков и составлял 1,5% (считая на Cr_2O_3) и выполнялся добавлением пикельного раствора.

Результаты исследований и их обсуждение. Дубление производили при температуре ванны 27℃ в течение 8 часов, включая время повышения

основности карбонатом натрия. По окончании процесса проверяли температуру сваривания меха из каждого варианта и получили следующие соответствующие номеру варианта, данные – 97℃, 101℃, 106℃, 109℃, 108℃, 109℃, 109℃.

Дальнейшее сравнительное изучение разработанной технологии прямого дубления, дубящей способности полученного хромового дубителя составом, соответствующим примененного для прямого дубления и существующим способом однованного дубления, проводили в полупроизводственных условиях.

Для проведения планируемого эксперимента было отобрано 120 штук овчины второго сорта мокросоленой консервировки. Затем в экспериментальном барабане емкостью 0,7 м^3 по типовой методике проведена отмока. После тщательной промывки до щелочности 0,2 г/л в пересчете на NaOH, шкуры были рассортированы теперь уже с учетом толщины и разделены на 2 равноценные партии по всем органолептическим признакам. После этого, обе партии раздельно разрезали по хребтовой линии и скомплектовали уже четыре экспериментальных партии методом чередующихся половинок. Первые две партии, каждая из которых является чередующейся половинкой первоначальных двух партий, обрабатывали до получения готового меха по типовой методике меха хромового дубления. Третью партию доводили до готового меха по той же технологии, только вместо предусмотренного хромового дубителя для дубления дали приготовленный хромовый дубитель, восстановленный серосодержащими соединениями в присутствии сульфата аммония. Четвертую партию обрабатывали по технологии прямого дубления. Отделочные процессы и операции для меха, выработанного методом прямого дубления, как и все остальные партии проводили по вышеперечисленной методике.

По готовности, мех всех экспериментальных партий подвергали химическому анализу и физико-механическим испытаниям. Определение содержание влаги проводили методом сушки в сушильном шкафу, определение содержания жира и хрома как по различным слоям меха, так и в мехе в целом определяли по известным методам ВЕМ и с применением нового метода определения хрома и жира с использованием изучением лазера. Среднестатистические показатели опытных и контрольных вариантов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели химического состава и физико-механических испытаний опытных и контрольных меховых полуфабрикатов

Показатели	Контрольный №1	Опытный, новый хромовый дубитель	Контрольный №2	Опытный прямого дубления
Толщина, мм	1,3	1,25	1,28	1,26
Содержание, % влаги	15	15	15	14
Жира в мехе	5,7	5,8	5,8	6,1
Оксида хрома в мехе	3,9	3,8	3,8	3,65
Прочность при разрыве по партии по меху	 1,9 1,6	 2,3 2,0	 1,8 1,6	 2,8 2,5
Удлинение при нагрузке	34	32	35	27

Заключение. Результаты полученных данных показывают, что новый хромовый дубитель, полученный восстановлением в растворе состава, применяемого для прямого дубления, обладает несколько иными технологическими свойствами, которые проявляются в свойствах готового меха, и как видно из данных таблицы 1, занимают некоторое среднее положение по способности повышения прочностных и физико-механических свойств меха.

Список литературы

1. Wang X. et al. Sustainable utilization of corn starch resources: a novel soluble starch-based functional chrome-free tanning agent for the eco-leather production //Industrial Crops and Products. – 2022. – Vol. 187. – P. 115534.
2. Chen J. et al. A sustainable chrome-free tanning approach based on Zr-MOFs functionalized with different metals through post-synthetic modification //Chemical Engineering Journal. – 2023. – Vol. 474. – P. 145453.
3. Hao D. et al. Sustainable leather making—An amphoteric organic chrome-free tanning agents based on recycling waste leather //Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 867. – P. 161531.
4. Wang L. et al. Preparation and application of tremella polysaccharide based chrome free tanning agent for sheepskin processing //International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – Vol. 241. – P. 124493.
5. Shi J. et al. Life cycle assessment insights into nanosilicates-based chrome-free tanning processing towards eco-friendly leather manufacture //Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 434. – P. 139892.
6. Asakai T., Hioki A. Reliability in standardization of sodium thiosulfate with potassium dichromate //Microchemical Journal. – 2015. – Vol. 123. – P. 9-14.

Материал поступил в редакцию 08.04.24.

Д.К. Рахметбай[1], М.Ш. Джунисбеков[1], М.Ш. Шардарбек[1], Т.Ж. Кодиров[2]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

ТІКЕЛЕЙ ИЛЕУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰРАМДАН АЛЫНҒАН ХРОМ СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Көптеген ғылыми-зерттеу және тәжірибелік жұмыстар хромның химиясына, оның коллагенмен әрекеттесуіне және қолдану әдістеріне арналған. Дегенмен, осы күнге дейін бұл жұмыстардың жиынтығы хромның белгілі оң қасиеттерін бір жолмен біріктіруге мүмкіндік бермеді. Сондықтан әлемдік нарықта өнімнің сапа көрсеткіштері жоғары басымдыққа ие болып, физикалық-механикалық қасиеттері жоғары үлбірге сұраныс артқан кезде хромды илеудегі перспективті бағыттардың бірі хромды тері талшығында тікелей қалпына келтіру арқылы илеу әдістерін жетілдіру болып табылады. Ол илеу теориясының заманауи тұжырымдамасында жоғары сапалы жүнді қамтамасыз ете алады және беріктік қасиеттерінің қазіргі уақытта қол жеткізілген шегінен асып түседі. Осы мақсатта жаңа құрамдағы хром илеу агентін алу үшін бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Алынған мәліметтердің нәтижелері ерітіндіде тікелей илеу үшін қолданылатын құрамды азайту арқылы алынған жаңа хром илеу агентінің дайын үлбірдің қасиеттерінде көрінетін сәл өзгеше технологиялық қасиеттері бар екенін көрсетеді.

Тірек сөздер: хромды илеу, хром сығындысы, пісіру температурасы, аммоний сульфаты, қой терісі, тікелей илеу.

D.K. Rakhmetbay[1], M.Sh. Dzhunisbekov[1], M.Sh. Shardarbek[1], T.J. Kodirov[2]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

STUDYING THE PROPERTIES OF CHROME EXTRACT OBTAINED FROM DIRECT TANNING COMPOSITION

Abstract. Many research and experimental works are devoted to the chemistry of chromium, its interaction with collagen and methods of application. However, to this day, the sum of these works has not made it possible to combine even the well-known positive properties of chromium in one method. Therefore, when the quality indicators of products on the world market received high priority and the demand for fur with high physical and mechanical properties increased, one of the promising directions in chrome tanning is the improvement of tanning methods by restoring chromium directly on the dermis fiber, which, in the modern concept of tanning theory, can provide fur of higher quality and exceed the currently achieved limits of strength properties. For this purpose, a series of experiments was carried out to obtain a chrome tanning agent of a new composition. The results of the data obtained show that the new chrome tanning agent, obtained by reducing the composition used for direct tanning in solution, has slightly different technological properties, which are manifested in the properties of the finished fur.

Keywords: chrome tanning, chrome extract, welding temperature, ammonium sulfate, sheepskin, direct tanning.

ҒТАМР 64.33.17

У.Е. Манапбаева[1] – *негізгі автор*, ©
К.И. Баданов[2], Г.А. Касымова[3], Т. Тогатаев[4], Р.Т. Қалдыбаев[5], Г.Ю. Қалдыбаева[6]

[1,3,6]Магистр,аға оқытушы, [2]Техн. ғылым. канд., профессор, [4,5]Техн. ғылым. канд., доцент

ORCİD *[1]https://orcid.org/0009-0006-8829-207X [2]https://orcid.org/0000-0003-1603-0717 [3]https://orcid.org/0000-0001-9165-9027 [4]https://orcid.org/0000-0002-0547-9052 [5]https://orcid.org/0000-0002-1370-7553 [6]https://orcid.org/0000-0001-9817-0355*

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

@ *[1]manapbaeva82@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/PQYU2210

ЖЕЛІМ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БЕРІКТІГІНЕ СУБСТРАТТЫҢ КЕУЕКТІЛІГІНІҢ ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІН АНЫҚТАУ ТӘСІЛІН ЖАСАУ

Аңдатпа. Мақалада жеңіл өнеркәсібінде қолданылатын желім қосылыстарының беріктігіне субстрат кеуектілігінің әсері қарастырылған, жеңіл өнеркісібінде қолданылатын желімдердің түрлері, қасиеттері, олардың желімдейтін бетке желім жағу үрдісі кезінде кеуекті субстрат пен адгезияның арасындағы нақты байланысы зерттелген. Жеңіл өнеркәсібінде қолданылатын материалдардың желімдік қосылыстардың сенімділігі мен беріктігін арттыру жолдары қарастырылған. Аяқ киімдік материалдарға желім жағудың түрлі әдістерді қолданып желім мен материалдың арасында кеуектіліктің болуы және оның дайын өнімнің қасиеттеріне тигізетін әсері өте маңызды болып табылады.

Тірек сөздер: желімдік қосылыстар, субстрат, жеңіл өнеркәсіп, кеуектілік, адгезия, аяқ киім, материал, беріктік.

Манапбаева, У.Е. Желім қосылыстардың беріктігіне субстраттың кеуектілігінің тигізетін әсерін анықтау тәсілін жасау [Мәтін] / У.Е. Манапбаева, К.И. Баданов, Г.А. Касымова, Т. Тогатаев, Р.Т. Қалдыбаев, Г.Ю. Қалдыбаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.348-356. https://doi.org/10.55956/PQYU2210

Кіріспе. Еліміздің экономикалық тұрғыда дамуы үшін ауыл шаруашылық саласының қосатын үлесі орасан зор. Мемлекетіміздің басқа мемлекеттермен бәсекелестікке қабілеттілігін белсендірудің бір көрсеткіші – елімізде технологиялық салаларды дамыту болып табылады. Жеңіл өнеркәсібінде толық зерттелмеген мәселелер бар екені белгілі. Материалдардың қасиеттерін зерттеу, шығаратын дайын өнімнің қасиеттері мен артықшылық кемшіліктерін анықтау да маңызды болып табылады. Мәселен, аяқ киімнің төменгі бөлігі мен жоғарғы бөлігін бекітудің әртүрлі тәсілдері яғни, жіппен, желіммен, шегемен, бұрандамен бекіту, рәзеңкені қыздырып жабыстыру және басқа тәсілдер бар. Халықтың сұранысын, талап-

тілектерін қанағаттандыру үшін тауарымыздың жоғары сапалы болуын қамтамасыз етуіміз керек. Сондықтан да, жоғарғы сапалы өнім алу үшін аяқ киім өнеркәсібінде аяқ киімді өндіру, өңдеу технологиясына аса көп назар аударылады. Аяқ киім өндірісі өте күрделі химиялық және механикалық әдістерден тұрады, және бұл әдістер әлі де жетілдіруді қажет етеді. Мұндай операциялардың бірі – бөлшектерді желімдеп бекіту әдісі болып табылады.

Желімдерді қолданудың тиімділігі дәстүрлік механикалық бекіту әдісімен салыстырғандағы желім қосылыстарының көптеген артықшылықтарымен түсіндіріледі. Ең бірінші және басты артықшылығы ол – табиғаты әртүрлі материалдарды желімнің көмегімен сенімді түрде бекіту мүмкіндігі. Оның мынадай артықшылықтары бар: өңдеудің қатар принципін қолдану мүмкіндігі, еңбек өнімділігін жоғарылату, үрдісті автоматтандыру, желім қосылыстарының қолдану аумағын кеңейте түседі. Сонымен қатар, желімдеу басқа бекіту түрлеріне қарағанда (шегелеу, болттау, жіппен тігу) қосылатын материалдың беріктігін төмендетпейді, материалды тесумен әлсіретпейді және желім тігісінің саңылаусыз болуын қамтамасыз етеді. Аяқ киімдік бөлшектерді желімдеп бекіту әдісін кеңінен қолдану үрдісті механикаландырусыз мүмкін емес. Алайда, қазіргі уақытта қолданылатын, желім жағатын машиналар аса жетілмеген, ол аяқ киім фабрикаларында аяқ киімдік бөлшектерге желім жағу кист көмегімен, яғни қолмен жағумен орындалуына байланысты болып табылады. Желім жағу машинасының қызмет ету принципі мен конструкциясын талдау, адгезив пен субстраттың арасындағы байланысты жеткілікті қамтамасыз етпейтіндігін көрсетті, ал бұл желімдейтін материал бетіне желім жағу сапасын төмендетеді. Резина, полиуретан, поливинилхлорид, аяқ киімдік этилвинилацетат сополимерлері негізіндегі материалдар, астыңғы бөлшектердің тығыздығын азайту үшін ең алдымен кеуекті құрылым беріледі.

Табиғи былғарының беттік қабатын сылып алуға байланысты оның талшықты құрылымының өзгеруіне байланысты былғары бетін одан әрі жетілдіреді. Мұндай жағдайда аяқ киімдік материалдардағы кеуектер мен тереңдіктерде «микроүрпектер» түзе отырып желім қосылысының енуіне және адгезия мен субстрат арасындағы толық байланыстың түзілуіне қарсы тұра алады. Белгілі субстартқа адгезияның сулану қабілеті жақсы болғанымен олардың арасындағы толық байланысқа жетуі желім жағу үрдісінде тәжірибе жүзінде мүмкін емес. Өйткені, бұл үрдіс белгілі бір уақыт аралығында орындалады, еріткіштің ұшқыштығы желімнің тұтқырлығын жоғарылатады және оны субстраттың бетіне жайылуын нашарлатады. Сондықтан, аяқ киімдік бөлшектерге желім жағу әдісін жасау, жылдам өңдей отырып аяқ киім бөлшектерінің беттік тереңдіктері мен кеуектеріне адгезияны біркелкі және толтыра құюды қамтамасыз ету, технологиялық ағын желісіне сәйкес аяқ киім өндірісіндегі маңызды ғылыми-техникалық мақсаттардың бірі болып табылады. Бұл мақсатты субстрат кеуектеріне желімді күштеп еңгізу үшін желім массасына машинаның желім жағатын мүшесі арқылы әсер ету қабілетін қолдану жолымен орындауға болады [1].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысаны ретінде аяқ киімдік материалдар (үстіңгі және астыңғы) және желім қосылыстары таңдалды. Сонымен қатар, жұмыста желім қосылыстарының болжамды қасиеттері мен құрылысын зерттеуге арналған қажетті аспабтар мен әдістер, желім жағатын қондырғы қолданылды.

Желім қосылыстарды беріктігіне субстраттың кеуектілігінің тигізетін әсері микроскоптың көмегімен зерттеліп анықталды. Желім қосылыстардың

беріктігін жоғарылатудың жаңа әдісі қарастырылып, орындалды. Кеуектіліктің өлшемінің желіммен толуы беріктілікке тікелей әсер ететіндігі тәжірибе жүзінде анықталды.

Аяқ киім өндірісіндегі желімдеу процесінің жалпы сипаттамасы. Желімдеу – өнеркәсіптік технологиясының жаңа және тез дамым келе жатқан саласының бірі болып табылады. Желім қосылыстары дайындама жинау кезінде, дайындаманы ұлтарақпен ілу кезінде, басқа да негізгі және қосымша операциялар үшін кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, аяқ киімнің төменгі бөлігін құю, ыстық вулканизациямен бекіту және қалыптастыру әдістерінің құрамына желімдеу үрдісі де кіреді, аяқ киімнің үсті мен асты бөліктерінің бекітілуінің сапасы желім қосылыстарын жобалаудың дұрыстығымен және қолданатын желімдеу технологиясының жетілуімен анықталады.

Желім қосылыстарының адгезиялық беріктігінің субстрат пен адгезия байланысының ауданынан тәуелділігі. Аяқ киімдік материалдардың көпшілігі беттік бетінің дамуымен сипатталады, ол микрорельефпен және материал кеуектілігімен негізделеді. Субстраттың беттік бөлігі үлгілік өңдеу жасай отырып, жасанды түрде үлкейеді, соның нәтижесінде субстрат пен желім арасындағы нақты байланыс ауданы ұлғаяды, бұл ереже бойынша желімделінетін бөлшектердің геометриялық ауданын жоғарылатады. Байланыс ауданының үлкеюі, желімдеу кезінде жаңа адгезиялық байланыстың пайда болуына әкеп соғады, бұл өз кезегінде желім қосылыстарының беріктігін жоғарылатады. Бұл аяқ киім сапасын жақсартудың ең жақсы ұстанымы, субстратпен, жұмсақ бетпен салыстырғанда жабыстырылатын бөлшектердің беріктік сапасының бірнеше есеге өсуі мүмкін. Желімнің беріктігіне – субстраттың тегіс болмауы, адгезияның механикалық жабысып қалуы, желімнің тесіктерге ағуы, тереңдеуі, беттік сызаттар мен шелдер әсер етеді [2].

Желім жағу әдістерінің топтастырылуы. Қазіргі уақытта аяқ киім бөлшектерін желімдік ерітінділер, дисперсия көмегімен желімдеу үшін ереже бойынша мынадай желімдеу әдістері қолданылады:

1) кисті немесе щетканың көмегімен механикалық жағу;
2) апликатордың көмегімен желім жағу;
3) айналатын білік арқылы желімдеу;
4) басу арқылы желім жағу.

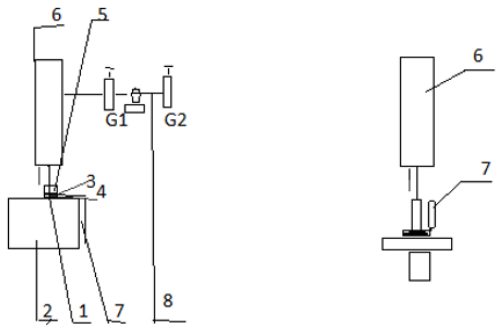
Субстратқа желімді қолмен жағу әдісі. Қарапайым және кеңінен таралған әдістердің бірі – желімді кист көмегімен жағу болып табылады. Желім жағу үшін кистіні (щетканы) қолдану өңдеудік тізбектелген қағидасын ұсынады. Бұл әдіспен желім жағылып жатқан кезінде тек кистіге майысқан шлангі арқылы резервуардан желімді беру ғана механизделгендіктен, «механикалық кист» деп аталады. Субстраттың бетін жабу үрдісі оператордың қолымен атқарылады.

Субстратқа біліктердің көмегімен желім жағу әдісі. Тәжірибеде, аяқ киімдік материалдарға біліктердің көмегімен желім жағу әдісі де қолданыс тапты. Бұл жағдайда, негізгі орындаушы мүше екі айналмалы біліктер болып табылады, олардың біреуі арқылы желім субстратқа жағылады. Бұл құрылыс конструктивтік қатынаста өте қарапайым болып табылады. 05154/PI түріндегі машинада жазық табанға барлық беті бойынша желім жағу үшін бөлшек екі біліктің арасымен өткізіледі, мұнда жоғары білік желім толтырылған ваннада орналасады.

Аяқ киімдік материалдарға автоматтандырылған желім жағу әдісі. Аяқ киімдік материалдарына басу әдісімен автоматтандырылған тәсілмен

желім жағу басқа әдістермен салыстырғанда бірнеше артықшылықтарға ие. Ол ең алдымен үлкен өнімділікті қамтамасыз етеді.

Динамикалық әдіс бойынша субстратқа желім жағуға арналған белгілі вибросоғу қондырғысы келесідей сызбадан тұрады, ол 1-суретте көрсетілген. Берілген механизмнің жұмыс істеу принципі: столда (*2*) субстрат бекітіледі, содан соң вибросоғу механизмі (*6*) қосылады, адгезия беру басталады, ол сопло (*3*) көмегімен жүзеге асады. Столға (*2*) беру өткізгіші қосылады. Рычагі бар механиз (*8*) соққы күшін бақылап отырады [2,3].



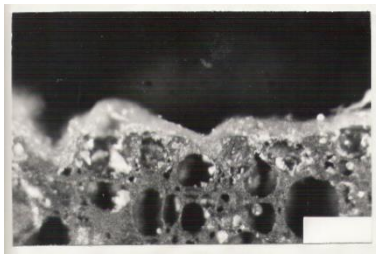
1 – субстрат; 2 – жылжымалы стол; 3 – сопло; 4 – адгезия; 5 – пластина түрінде орындалған соққыш; 6 – электромагниттік вибратор; 7 – упор; 8 – рычагтық өткізгіш.

Сурет 1. Субстрат бетіне динамикалық әдіспен желім жағу үшін арналған вибросоғу қондырғысының схемасы

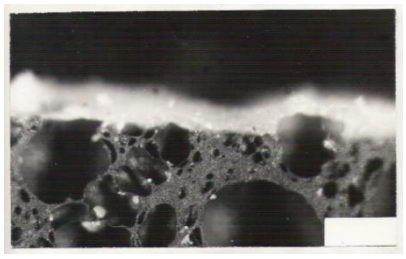
Аяқ киім өнеркәсібіндегі қолданылатын желім түрлері. Желімдеуге кіріспес бұрын желімді дұрыс таңдауға және заттың желімдейтін бетін дайындауға баса назар аудару керек. Өсімдік желімдері – белоктан (мәселен, соядан жасалған легумин), крахмалдан (крахмал, декстрин), сондай-ақ смоладан, камади мен бальзамнан (гуммиарабик, табиғи каучук, гуттаперча, шеллак) жасалады. Жануарлар өнімдерінен жасалған желімдердің коллагені (глютинд) козеинді, альбуминді желім деп аталатын түрлері бар. Коллагенді желімді сүйектен, шелден және балықтан жасайды. Синтетика негізінде жасалған желімдер неғұрлым көп қолданылады, бұлар жүйелі түрде жетілдіріп, көп шығарылуда. Оларды өндіру үшін синтетикалық смола, эмульсиялар, латекстер, каучуктер және шикізаттардың басқа түрлері де пайдаланылады.

Зерттеу нәтижелері. *Әр түрлі әдістермен алынған желім қосылыстарының кесіндісін микроскоптық зерттеу.* Вибросоғу әдісімен әсер етіп субстратқа адгезия жағу үрдісінің физикалық маңыздылығынан шығатыны, мұнда субстракт кеуектері адгезиямен толады ал қарапайым әдіспен күш түсірмей адгезияны субстракт кеуектеріне жағады. Мұндай болжамды құптау үшін, айтылған екі түрлі желім жағу әдісімен де алынған үлгі кесіндісін микроскопиялық зерттеу жүргізілді. Қойылған мақсатқа жету үшін МФБ – 9 микрофото басқышы бар МБИ – I микроскоп қолданылды. Үлгі кесінділері келесідей түрде дайындалды: кеуекті субстратқа желім жағылды, содан соң үлгі көлденең бағытта кесілді және дайындалған кесінді микроскоптың астына қойылды да микрофотобасқыш көмегімен суретке түсірілді. Субстратқа концентрациясы әртүрлі 10 %-дан 30 %-ға дейінгі наирит

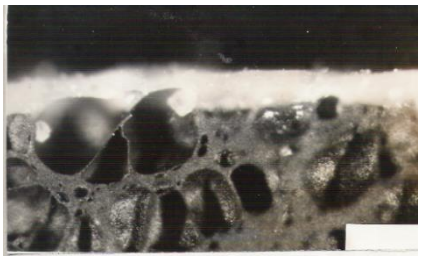
желімі жағылды. 2 және 3 суреттердегі үлгілердің микрокесінділерінің кескіні көрсетілген, 40 – 80 есеге үлкейтіліп орындалған. Сонымен қатар, концентрациясы 10 %-дан 22 %-ға дейін болатын полиуретандық желім жағылды. Желім жағудың үш түрлі әдісі де қолданылды, олар: еркін таралу, қолмен жағу және вибросоғу әсерімен желім жағу әдістері. Суреттен көретініміздей, тұтқырлығы 10 %-дық желім кеуектері мен субстракт тесіктеріне қолмен жағу әдісімен және еркін таралу әдісімен де желім толтырылады. Алайда, желімнің тұтқырлығы төмен болғандықтан субстрат беті адгезиямен толығымен жабылмайды. Осының нәтижесінде алынатын желім қосылыстары субстрат пен адгезия арасындағы байланыс нақты ауданын азайту салдарынан, субстрат кеуектеріне адгезияның жақсы ағуына қарамастан төмен беріктік қасиетке ие болады. Егер, желім тұтқыр болса (25 – 30 %) онда желім екі қабат жағылғандығына қарамастан, желім субстрат кеуектеріне ақпайды, алайда бұл кеуектердің кейбіреулері 1,0 мм дейін үлкен болады. Бұл 4-суретте көрсетілген [1].



Сурет 2. Еркін ағызу әдісімен НТ-10 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы. 75* үлкейтілген



Сурет 3. Еркін ағызу әдісімен НТ-30 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы. 75* үлкейтілген



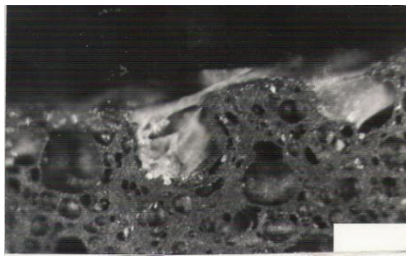
Сурет 4. Қолмен жағу әдісімен НТ-30 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы (щеткамен жағу). 75* үлкейтілген

Полиуретан желімі үшін кеуектерді толтыру қиынырақ және субстратқа жағылған соң желімнің тұтқырлығының жоғарылауы тек еріткіштің жойылуына байланысты емес, сонымен қатар, құрастыру үрдісінің басталуы нәтижесіне де байланысты болады (екі компоненттік желім). Кез-келген желім ерітінді үшін оны субстратқа жағу кезінде қарапайым әдіс болып табылатын бірлік күштің әсерінен еркін ағызу кезінде желім кеуектерге ағады, ол күш ауырлық күші болып табылады және ол ішкі үйкеліс күшіне қарсы күш. Соңғы мәні желім сипаттамасы ретінде ғана емес, сонымен қатар кейбір ішкі параметрлер (температура) ретінде анықталады. Кеуекке желімнің ағуына субстраттың микрокеуектерінде болатын ауа көбіктерінің серпімділік күші де кедергі келтіреді. Өлшемі кіші микрокеуектерге желімнің ағу үрдісін оның

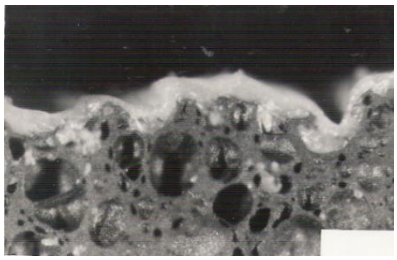
капилляр түтігі бойымен ағуымен салыстырғандықтан, ішкі үйкеліс күші маңызды роль атқарады [4,5].

Қолмен желім жағу кезінде, аяқ киімдік материалдардың микрокеуектеріне желімнің жақсы ағуына ауырлық күшімен бірге ішкі қысым түсіретін күші те қабілеттендіреді. Аяқ киімдік материалдардың бетіне перпендикуляр болатын қысым күшін құрайтын орташа көлемі тұрақты болып келеді. Тәжірибелік жолмен алынған суреттер, ауырлық күшіне кішкене қосымша күш түсіру тәжірибе жүзінде кеуекті үлгілердің микрокеуектерін желіммен толтыруды жақсартпайтындығын көрсетті.

5, 6, және 7 суреттерде вибросоғу әсерімен желім жағылған үлгілердің кесіндісі көрсетілген. Барлық жағдайда, ең соңында желімнің тұтқырлығына тәуелсіз, субстраттың тереңдіктері мен микрокеуектері толды. Бұл жағдайды келесідей жолмен түсіндіре аламыз. Вибросоғу үрдісі кезінде қалыпты қысым күші, қолмен жағу кезіндегі күшке қарағанда біршама жоғары. Сонымен қатар, толтыру үрдісінің өзі бірге соғу аралығында жүзеге асады. (150 – 200 цикл) желім толған кеуекке де әсер етеді. Алынған нәтижелермен аяқ киім материалдарының кеуектерін желіммен толтырудың вибросоғу әдісі осы үрдісті біршама жақсартады. Ал бұл қорыта келе, аяқ киім материалдарының желім қосылыстарының беріктігін жоғарылатуға оң әсерін тигізу қажет. Бұл біздің зерттеуімізде расталған [1].



Сурет 5. Вибросоққы әдісімен НТ-30 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы (сылау). 75* үлкейтілген



Сурет 6. Вибросоғу әсерімен НТ-10 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы. 75* үлкейтілген



Сурет 7. Вибросоғу әдісімен ПУ-22 % желім жағылған субстрат кесіндісінің микроқұрылымы (сылау). 75* үлкейтілген

Ғылыми нәтижелерді талқылау. *Вибросоғу әдісімен алынған, желім қосылыстарының беріктік сипаттамасын зерттеу.* Желімдеу үрдісінің сапалы суреттер негізінде, субстрат кеуектерінің желіммен толтыру статикалық әдістеріне қарағанда вибросоғу әдісімен жақсы орындалатындығы көрсетіледі. Мұндай жағдайда вибросоғу әдісімен алынған желім қосылыстарының беріктігі, қарапайым (қолмен жағу) әдіске қарағанда жоғары

болуы керек. Осындай айырмашылықты сандық бағалау үшін, екі әдіспен де алынған желім қосылыстарын эксперименттік зерттеу жүргізілді. Зерттеу кезінде: екі қабаттық кирзінің желім қосылысы және қара ВШ-І микрокеуекті резина қолданылды (НТ-100, тиурам – 1,5, ZnO – 2,0, этилацетат еріткіш – бензин (1:1), концентрациясы: 10, 15, 20, 25, 30, 35 %. Желім жаққыш ұштың тербеліс амплитудасы шамамен 0+10 мм, жиілігі 4-тен 12 Гц дейін. Үлгілердің өлшемі 18х120 мм, вибросоғу әсерімен адгезия 1 рет жағылды, ал бақылау – қолмен желім жағу 2 рет орындалды. Екі қабатты кирзаға барлық жағдайда адгезия 2 рет жағылды. 7-суретте көретініміз, вибросоғу әдісімен алынған жиілігі және желімнің әртүрлі концентрациясы С және тербеліс амплитудасы тұрақты болған кезде желім қосылыстарының беріктігі бақылаушы желім қосылыстарының беріктігінен жоғары болып табылады. Алайда, адгезияның концентрациясын жоғарылатумен, желім қосылыстарының беріктігі төмендейтінін ескеру қажет. Бұл, адгезияның концентрациясын жоғарылатумен оның тұтқырлығы арта түседі, сондықтан субстраттың кеуектеріне желімнің ағуын қиындатады. Вибросоғу әдісімен алынған желім қосылыстарының беріктігінің адгезия қалыңдығына және оның жылу төзгіштігі мен суға төзгіштігіне тәуелділігі зерттелді. Зерттеу үшін былғары – хроммен иленген яловка және ВШ-І кеуекті қара резина алынды. Желім қосылыстарының жылуға төзгіштігі мен суға төзгіштігіне желімдеудің беріктігін зерттеу үшін 25х150 өлшемді үлгілері қолданылды.

Қорытынды. Бұл зерттеу жұмысында желім қосылыстарының беріктігіне субстрат кеуектілігінің әсерін анықтау жолында, адгезив пен субстраттың байланыс ауданын анықтау жүргізілді. Кеуекті материалдардың желімдеудің беріктігіне кеуектердің диаметрі мен сипаты әсер етеді. Кеуектің диаметрі желімнің субстрат тереңдігіне енуіне әсер ететін негізгі фактор болып табылады. Кеуек сипаты адгезив пен субстраттың байланысу үрдісінде өзгеруі мүмкін. Адгезив пен субстраттың адгезиялық-механикалық байланысын арттыру үшін, кеуектердің ашылуы мен кеңеюі шарттарын және оларға адгезивтің бекітілетін байланыс түзіп желімденуін қамтамасыз ету керек.

Кеуекті субстраттың микроқұрылымын оқу түстік микроскопия әдісімен жүргізіледі. Микроскоптың бұл түрі берілген есепті шешу үшін толығымен жеткілікті болып табылады. Сонымен қатар, электрондық микроскоп әдісімен салыстырғанда ол аз еңбекті қажет етеді. Кеуекті субстраттың микрокесіндісін зерттеу МБИ-І жарықты микроскоптың көмегімен 40 – 80 есеге үлкейте отырып жүргізілді. Кеуекті субстраттың микарокесіндісінің суретін МФБ-9 микрофото басқыш көмегімен алынды [1].

Желім қосылыстарының адгезиялық беріктігіне субстрат кеуектілігінің әсер етуі жан-жақты оқылып қарастырылды. Кеуекті табандық резинаның кесіндісінің микроқұрылымын жан-жақты оқу кесіндісі диаметрін бөлу заңдылығын анықтауға мүмкіндік береді және де оның негізгі параметрлері анықтайды. Осы заңдылық негізінде, кеуек өлшемдері туралы мәліметтерді анықтау кезінде адгезиямен байланысқа түсетін, кеуекті субстраттың нақты ауданын бағалау ықтималды әдістемесі жасалды.

Табанға арналған резинаның кесігінің микроқұрылымын оқу нәтижесі бойынша, математикалық статистика әдісін қолданумен, кеуек кесіндісінің диаметрін бөлу заңдылығы шығарылды, ол мынадай түрдегі функция:

$$f(x) = 7{,}042e^{-7{,}042(x-0{,}1)} \qquad (x \geq 0{,}1) \qquad (1)$$

Осы заңдылық негізінде адгезивпен байланысқа түсетін кеуекті субстраттың нақты ауданын бағалау әдістемесі жасалды.

Субстратқа адгезивті вибросоққы әдісімен желім жағу тәсілі жан-жақты қарастырылды. Вибросоққы әсерімен субстратқа желім жағу әдісі орындалды, вибросоғу әсерімен желім жағу әдісіндегі желім қосылыстарының беріктігіне әсер ететін негізгі параметрлер (желім концентрациясы, желім жаққыш щетканың жиілігі мен тербеліс амплитудасы) қарастырылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Манапбаева, У.Е. Желім қосылыстардың беріктігіне субстраттың кеуектілігінің тигізетін әсерін анықтау тәсілін жасау [Мәтін]: Технология және техника магистрі академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған магистрлік диссертацияның автореферат / Манапбаева Улбосын Ереновна. – Тараз 2009.
2. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 442 с.
3. Вакула, В.Л. Физическая химия адгезии полимеров [Текст] / В.Л. Вакула, П.М. Притыкин. М.: Химия, 1984. – 224 с.
4. Станеевичюс, А.И. Повышение механической адгезий клея к пористому субстрату способом виброударного воздействия [Текст] / А.И. Станеевичюс, В.Л. Раяцкас, Л.И. Гражулите //Материалы XII научно – технической конференции: Вып. XII. – г. Каунас, 1971. – С. 263-266.
5. Раяцкас, В.Л. Способ нанесения клея [Текст] / В.Л. Раяцкас, Станеевичюс А.И. // А.С. СССР №311610. 1971. Бюл. №25.

Материал редакцияға 24.04.2024 түсті.

У.Е. Манапбаева[1], К.И. Баданов[1], Г.А. Касымова[1], Т. Тогатаев[2], Р.Т. Калдыбаев[2], Г.Ю. Калдыбаева[2]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан
[2]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г Шымкент, Казахстан

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОРИСТОСТИ ОСНОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрено влияние пористости субстрата на прочность клеевых соединений, применяемых в легкой промышленности, виды и свойства клеев, применяемых в легкой промышленности, а также специфика связи между субстратом и адгезией в процессе нанесения клея на поверхность материала. Изучается поверхность, подлежащая склеиванию. Предусмотрены пути повышения надежности и прочности клеевых соединений материалов, применяемых в легкой промышленности, а также наличие пористости между клеем и материалом при использовании различных способов нанесения клея на обувные материалы и ее влияние на свойства готовых изделий.

Ключевые слова: клеевые соединения, подложка, легкая промышленность, пористость, адгезия, обувь, материал, прочность.

U.E. Manapbaeva[1], K.I. Badanov[1], G.A. Kasymova[1], T. Togataev[2], R.T. Kaldibaev[2], G.Y. Kaldibaeva[2]

[1]Taraz University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan
[2]M. Auezov south Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF BASE POROSITY ON THE STRENGTH OF ADHESIVE JOINTS

Abstract. The article examines the influence of the porosity of the substrate on the strength of adhesive joints used in light industry, the types and properties of adhesives used in light industry, as well as the specifics of the relationship between the substrate and adhesion during the process of applying glue to the surface of the material. The bonded surface is also examined. Ways are provided for increasing the reliability and strength of adhesive joints of materials used in light industry, as well as the presence of porosity between the glue and the material when using various methods of applying glue to shoe materials and its effect on the properties of finished products.

Keywords: adhesive joints, substrate, light industry, porosity, adhesion, shoes, material, strength.

References

1. Manapbaeva W.E. Jelim qosılıstardın beriktigine substrattın keuektiliginin tigizetin aserin anıqtau tasilin jasau [Development of a method for determining the effect of the porosity of the substrate on the strength of adhesive joints]: Abstract of the master's thesis prepared for the degree of Master of Engineering and Technology / Manapbaeva Ulbosın Erenovna. – Taraz 2009. [in Russian].
2. Bwzov B.A., Alımenkova N.D. Materialovedeniye v proizvodstve legkoy promyshlennosti [Materials science in the manufacture of light industry products]: a textbook for students of higher educational institution. ¬ Moscow: Publishing center «Akademiya», 2008. – 442 p. [in Russian].
3. Vakwla V.L., Pritykin P.M. Fizicheskaya khimiya adgezii polimerov [Physical chemistry of polymer adhesion]. – Moscow: Khimiya, 1984. – 224 p. [in Russian].
4. Stanyavichyus A.I., Rayatskas V.L., Grazhulite L.I. Povysheniye mekhanicheskoy adgezii kleya k poristoy osnove s pomoshch'yu vibratsii [Increasing the mechanical adhesion of the adhesive to a porous substrate by means of vibration impact] // Materialy 12-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: Tom. XII. [Materials of the XII Scientific and Technical conference: Issue XII] – Kaunas, 1971. – P. 263-266. [in Russian].
5. Rayatskas V.L. A.I. Staneyavichyus Sposob naneseniya kleya [The method of applying the glue] // A.S. USSR №311610. 1971. Bull. № 25. [in Russian].

IRSTI 64.35.01

V.J. Sundar ©

PhD
ORCID *https://orcid.org/0000 0001 5915 8134*
CSIR-Central Leather Research Institute,
Chennai, India
@ *vjohnsundar@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/TJLV4018

SUSTAINABLE STRATEGIES AND WAYFORWARD – KAZAKHSTAN LEATHER SECTOR

Abstract. This review article discusses the importance of leather as a durable byproduct of livestock production and the sustainability practices in the leather industry. It highlights chemical safety, carbon footprint reduction, renewable materials, and ethical sourcing. The potential for innovation in Kazakhstan's leather industry, the benefits of a circular economy, and the challenges posed by synthetic alternatives are covered. There is tremendous potential to produce value-added products like leather, gelatine, collagen, poultry and fish feed, and organic fertilizers from slaughterhouse wastes and leather industry wastes

Keywords: leather industry, circular economy, renewable raw materials, waste management, leather.

Sundar V.J. Sustainable strategies and wayforward – Kazakhstan leather sector //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.357-361. https://doi.org/10.55956/TJLV4018

Introduction. Leather is an important byproduct of livestock production with a rich history. Its durability and position as a luxury good make it a desirable material across the society. The volume of hides and skins collected as a by-product from the meat industry is significant. The leather industry adds value to these by-products, which otherwise would mostly go to waste, and transforms them into one of the most versatile and attractive materials on earth the leather. Leather is a protective, versatile, durable, breathable material and is the best way of dealing with the high volume of hides and skins that have to be sustainably and affordably managed [1].

Analysis and discussion. *Sustainability.*Sustainability is a paradigm for any business strategy at present. Sustainable economy requires new technologies and priorities. Balancing the earth’s resources with consumption and population growth is essential for future survival. Given leather’s status as a luxury good and association with quality, consumer pressure for awareness of sustainable practices is higher than for alternatives such as plastic. Renewable raw materials, recycling options and waste reduction will be the key for success. Our responsibility goes beyond developing and selling leathers and products but have to offer holistic technical solutions to the society [2].

Few important dimensions of environmental aspects of sustainability for leather processing:

– Profiling of toxicity and safety of used chemicals to produce the material;

– Product Carbon Footprint (PCF) – resource requirements of the product over its life cycle.;

– Renewable raw materials – base for process chemicals and the origin of used substrates;

– Hide traceability – ensuring of animal welfare and avoidance of deforestation.

Best practices have been established in many factories with low/optimized water consumption and low energy consumption during leather processing.

Brands are not ultimately interested in leather but they just need a high performance substrate to work with and enforce their environmentally clean philosophy. Hence it is our responsibility to be proactive to extract the full potential of collagen containing waste of meat industry using eco-benign chemicals and best processing methodologies.

Progressive creation and development. Kazakhstan leather industry can be proactive in creating new trends and finishes with the inherent skills. Periodical training for the technical personnel regarding the demands of the standards and brands is very imminent. Every factory should have a laboratory with trained chemists to analyse the purity of chemicals employed and to avoid process wastages and corrections. Simple chemical-mechanical properties of skins and leathers will result in major quality assurance.

Leather industry needs orchestrated initiatives to project leather as a high valuable product with all stake holders. We need to agree on standards for genuine leather and best available technologies. Leather production itself is an integral part of an excellent recycling concept based on a sustainable material. Courageous innovation could make the process of change to happen [3]. Ofcourse we should broaden our scope and redefine our business scope to the entire collagen business.

As much as possible by-products need to be recycled or used up for durable consumer products or other innovative applications in agriculture, food and cosmetics. It is high time we make the remaining process waste to be insignificant in terms of value, volume and toxicity.

Responsibility of chemical industry: taking a lead in the process of change. Many tanneries are small and medium sized companies with limited R & D resources. Their focus lies in quality and manufacturing of leather when the brands will just enforce a technical improvement process. In reality the tanneries are squeezed in between giants during manufacturing chain. Chemicals and their application methodologies are major contributor for sustainability improvements of leather manufacturing.

Circular economy. Even though leather is a valuable by-product of the meat industry, the concept of Circular Economy (CE) is pertinent for leather sector's sustainability. It is a business concept that involves the further use of materials in a restorative and regenerative manner, thereby extending the utility and value of the materials. CE minimizes material consumption and reduces waste by generating value of the products. The CE concept resembles a closed-loop value chain in which waste materials are reused for consumption [4].

Waste to wealth: profitable utilization. In the existing supply chain of leather manufacturing, considerable waste is generated during the production process such as trimmings, fleshings, shavings, buffing dust, product industry wastes and liquid

tannery effluent. The closed-loop manufacturing system minimizes waste and protects the environment. High amounts of reusable wastes are generated in the leather industry which is possible to recycle and even use them as raw materials for different industries.

Fleshings find use in the manufacture of glue, gelatin, chrome tanning aid, chicken feed supplement, plastics, amino acids, artificial sausage casings, surface-active agents and dog chew. Both fleshings and residual hair might well constitute an important source of protein with interesting uses as biological fertilizers in agriculture or horticulture. Hydrolysed protein, because of its high nitrogen content, has potential applications as animal feed additive. The application of collagen-based formulations, as a nutrient source for plants, showing promising agronomic results. Keratin wastes can be converted into tanning auxiliary, foam stabilizer, cosmetics, animal feed, organic fertilizers and Chicken feed.

Disposal of chrome-shaving dust causes contamination of the soil as well as groundwater and finally, chromium enters the human food chain. Usually, chrome shaving dust is managed by land disposal or incineration although effective re-utilization is greatly desirable, as both the methods of disposal involve economic and environmental losses.

The possibility of transforming recovered materials from chrome wastes into useful proteins seemed to present an interesting challenge, and of economic value as well. High value added industrially reusable bio product whose application fields could include veterinary, medicine and pharmacology were isolated. The practice of utilization of shaving dust as a thermally insulating material, composite insulation boards, and adhesives for footwear industries is also being acclaimed. The protein hydrolysates recovered from chrome shavings can be converted into protein filler, cosmetics, adhesives, films, biodegradable polymers and can be used during rubber processing.

The existing leather manufacturing processes do not consider any optimal waste recovery techniques and policy for CE implementation. In addition, during the production of various types of leather goods and leather footwear, numerous amount of waste like trimmed leather, shaving dust, trimmed lining materials, packaging materials, various types of finishing agents, polymeric materials are generated. The existing linear manufacturing practices are responsible for polluting the environment and leather industry reputation. In the current practices, a large proportion of the total waste generated from tanning process is still sent to landfill with no material or energy recovery. Hence, converting linear to closed loop manufacturing process helps to achieve resource efficiency by minimizing waste throughout the leather supply chains. The closed loop leather processing may be implemented by considering 6R (Reduction, Reuse, Recycling, Recover, Redesign and Remanufacture) policy throughout the leather supply chains.

Leather vs alternatives. While there are alternatives to leather products, most are made from non-renewable sources (oil), which are environmentally depleting, while leather is a readily available by-product that would otherwise be wasted.

An important aspect of any business development is studying customers, and general consumer buying habits. Recently, Pangea surveyed OEM (original equipment manufacturers) customers, conducted dealer surveys, interviewed leather consumers, and analysed globally published research. After aggregating statistics of thousands of people in Europe, Asia, and the United States, it is found that consumers love leather. Brands seek to meet emotional, value based, and functional consumer needs. Leather has a unique, trendy, and historic way of meeting these buyer requirements, resulting in a definite attraction [5]. There are

many interesting takeaways from recent studies showing consumers believe leather is premium and desirable. To be clear, our studies confirm that there is plenty of demand for leather, but sadly the demand is filled by deceptive marketing practices.

Synthetic material manufacturers generally want their materials to be seen as premium, promoting a false perception that their material is genuine leather, or as leather-like as possible. This is a core issue for our industry. When we look at companies that produce leather imitations, they typically include the noble name of leather within their brands. Instead of stating the true composition as Polyvinyl Chloride, they claim as vegan leather. Consumers are being misled, either accidentally or purposefully, and our industry has been slow to respond. Europe has done the best job of driving regulation surrounding the use of the leather name, and spin-offs of the term. Legislation in some European countries is supporting the leather description and banning misuse.

To maintain the integrity of leather, an industry we care so deeply about, we must push the true narrative of leather and honesty in materials. We need to accept that synthetics are here to stay based on their cost proposition. However, we do not need to accept synthetic products being called, either directly or implied, 'leather'. It's time for the leather industry to connect with consumers about innovations and genuine leather truthfulness [6].

Modern leather manufacturing: Is rightly reflected in medias? False facts and figures created wrong perception that dirty processing is omnipresent. Leather can be made without undue damage to the environment using best available technologies. The image of the leather industry requires reputation.

Social responsibility: A commitment to future generations. Leather is an organic material that can last decades, reducing the need for replacements. As a by-product of the meat industry, the demand for meat and dairy consumption is the primary driver behind the supply and availability of hides and skins for leather production, rather than the consumption needs of the leather sector.

In the recent years the industry has instituted a number of initiatives to ensure corporate responsibility throughout the supply chain. Tanners around the world have undertook extensive work in terms of corporate social responsibility and sound environmental practices.

Conclusion. As Kazakhstan has huge livestock population, there is tremendous potential to produce value added products like leather, gelatine, collagen, poultry and fish feed and organic fertilizers from slaughterhouse wastes and leather industry wastes.

There is no better alternative of using discarded hides and skins than to make leather. The presence of large volumes of perishable animal waste would have serious consequences on solid waste systems and place tremendous pressure on the environment.

There are eco-friendly process methodologies are available to produce valuable products without affecting the ecology.

References

1. V. John Sundar et al. Recovery and utilization of proteinous wastes of leather making: A Review //Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. – 2011. – Vol. 10. P. 151-163.
2. U.S. Hide, Skin & Leather Association [Electronic resource]. – Access mode: https://ushsla.org/ Note.
3. [?]. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.worldwildlife.org.

4. Mırzamuratova R., Bayramoğlu E., Abzalbekuly B., Kaldybayev R. Investigation of the effect of a natural extract from oak bark on the properties of the leather //Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2024. – Vol. 32. – No. 1. – P. 83-89.
5. V. John Sundar et al. Recovery and Utilization of chromium tanned proteinous wastes of leather making – A review //Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2011. – Vol. 41. – No. 22. – P. 2048-2075.
6. Kudabayeva A., Abzalbekuly B., Dandar U., Onem E., Oral B. New Technology for Production of Leather for Gloves and Fancy Goods //Tekstil ve Konfeksion. – 2020. – Vol. 4. – P. 270-275.

Material received on 07.06.24.

В.Дж. Сундар

Ғылыми және өндірістік зерттеулер кеңесі (CSIR)-Орталық тері ғылыми-зерттеу институты, Ченнай қ., Үндістан

ТҰРАҚТЫ СТРАТЕГИЯЛАР ЖӘНЕ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ – ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БЫЛҒАРЫ СЕКТОРЫ

Аңдатпа. Бұл шолу мақаласы терінің мал шаруашылығының ұзақ мерзімді жанама өнімі ретіндегі маңыздылығын және тері өнеркәсібіндегі тұрақты даму тәжірибесін қарастырады. Химиялық қауіпсіздікке, көміртегі ізін азайтуға, жаңартылатын материалдарға және жеткізушілерді этикалық таңдауға ерекше назар аударылады. Қазақстанның былғары өнеркәсібіндегі инновациялардың әлеуеті, дөңгелек экономиканың артықшылықтары және синтетикалық баламалармен байланысты проблемалар қарастырылуда. Былғары, желатин, коллаген, құс және балық тағамдары, сондай-ақ мал сою алаңдары мен былғары өнеркәсібінің қалдықтарынан органикалық тыңайтқыштар сияқты қосымша құнды өнімдерді өндіру үшін үлкен әлеует бар.

Тірек сөздер: былғары өнеркәсібі, дөңгелек экономика, жаңартылатын шикізат, қалдықтарды басқару, былғары.

В.Дж. Сундар

Совет по научным и промышленным исследованиям (CSIR)-Центральный научно-исследовательский институт кожи, г. Ченнай, Индия

УСТОЙЧИВЫЕ СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ – КАЗАХСТАНСКИЙ КОЖЕВЕННЫЙ СЕКТОР

Аннотация. В данной обзорной статье рассматривается важность кожи как долговечного побочного продукта животноводства и практика устойчивого развития в кожевенной промышленности. Особое внимание уделяется химической безопасности, сокращению углеродного следа, возобновляемым материалам и этичному подбору поставщиков. Рассматривается потенциал инноваций в кожевенной промышленности Казахстана, преимущества циркулярной экономики и проблемы, связанные с синтетическими альтернативами. Существует огромный потенциал для производства продуктов с добавленной стоимостью, таких как кожа, желатин, коллаген, корма для птицы и рыбы, а также органических удобрений из отходов скотобоен и кожевенной промышленности.

Ключевые слова: кожевенная промышленность, циркулярная экономика, возобновляемое сырье, управление отходами, кожа.

IRSTI 64.41.09

V.J. Sundar[1] – *main author*, ©
B. Abzalbekuly[2]

[1]*PhD*, [2]*PhD, Acting Associate Professor*
[1]*https://orcid.org/0000 0001 5915 8134* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9552-0388*
[1]*CSIR-Central Leather Research Institute, Chennai, India*
[2]*M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*
[1]*vjohnsundar@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/YSEC2395

LEATHER FOOTWEAR & APPARELS: THE KEY TO SUSTAINABILITY AND FASHION

Abstract. This review article explores the crucial role of leather footwear and apparel in achieving sustainability within the fashion industry. It delves into the leather production process, which utilizes by-products of the meat, dairy, and wool industries, and examines the material's unique qualities such as aesthetic appeal, texture, and breathability. The article highlights the transition of leather garments from practical necessities to fashionable items and discusses the challenges and advancements in sustainable leather production. It also addresses emerging trends, such as transparent leathers and exotic leather sources, and emphasizes the importance of sustainable skills development to ensure the industry's growth and environmental responsibility.

Keywords: leather footwear, leather apparel, sustainability, leather production, fashion industry, eco-friendly fashion, by-products.

Sundar V.J., Abzalbekuly B. Leather footwear & apparels: the key to sustainability and fashion //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.362-365. https://doi.org/10.55956/YSEC2395

Introduction. Sustainability has gained considerable attention among leather industry consumers and the community at large and the industry has been equipping itself to need of the hour. The leather industry is based on utilizing and processing a by-product of meat, dairy and wool industries – over 99% of global leather production is made from the hides or skins of cattle, sheep, goats and pigs. Leather is very unique commodity that links the rural farmer to the fashion world. Leather as a natural material offers numerous advantages over synthetics like aesthetic appeal, feel, texture, and breathability. Historically, leather footwear and apparels have been less of a luxury and more of necessary as other materials were not available as protection against the cold. Nevertheless, leather garments have generally evolved worldwide from weather clothing to fashion products [1,2].

Analysis and discussion. Garment leathers have a delicate grain, elegant patterns, soft feeling and full flexibility, and its clothing style is closely following the changes of international fashion. In the actual design process, some of the style shape, structural change, and even some of the design cannot be achieved. Then, based on these data, the principles in the costume design and performance technology was explored by combining with formal beauty rule in design and the

formal beauty characteristics and technique was set out. Eventually, to achieve free change in fashion design for garments and fictile diversification of formal beauty, the development perspectives and new direction of garment leather were analyzed by its clothing style features. The leather footwear and apparel industry is facing its challenges in terms of sustainability and environmental impact. The carbon footprint load attached to the leather apparel industry will continue to impact the environment if the industry does not switch to energy from renewable sources [3].

Futuristic developments. Leather a natural material, offers scope to be used as an innovative material. As fashion and trend changes frequently, leather manufacturers and product makers face the challenge of providing leathers that have to maintain aesthetic and technical properties based on market and fashion needs. In the fashion industry, leather is considered to be one of the preferred materials due to their unique grain structure and lively feel. Design changes rapidly according to the trends and tastes of people. Advances in the fashion designing & apparel industry have led to innovation and new prospects in the footwear, garment and accessory design [4].

All the process operations produce their characteristic effects on the skins by their chemical, physical and biological actions. All these effects combine to create the much-desired properties in the final leather. The nature of the material, concentration of chemicals, temperature and duration for processing the skins influence the quality of leather. Best quality of the leather is the result of skillful balancing of all these operations. As thermal wear, the leather apparels continuously need changes in their texture and design. A lot of researches have been done to produce revolutionary transparent leathers. The transparent leathers exhibit the fashionable innerwear as well as fulfill the purpose of thermal wear [5].

Many newly developed metal-free organic tanning system paves the way for cradle-to-cradle approach to create a circular economy and sustainable development in leather manufacturing [6-8]. Fish skins too are a new trend and sustainable source of raw material for apparel. Exotic leathers such as alligator, emu and ostrich are relatively new to the apparel production compared to sheep and cow hides. But due to increased fashion emphasis on exotic leather apparel, these exotic leathers became an essential part of leather fashion apparel and footwear products [9].

Fashion and apparel manufacturers around the globe are increasingly investing in sustainable solutions. Skills are important to ensure productive and healthy workforces, in safe work environments. Sustainable skills development to enhance operators' skills and produce technically better products for the consumers and help establish Brands is the need of the hour.

Fashion and culture will not only help to professionalize the industry, but also provide a platform for technologists and fashion professionals to come together under one umbrella endeavoring to foster the growth of fashion business. The traditional skills need resurgence through contemporarization using new designs, branding and technological support. The need to design, produce and market products that are in consonance with our lifestyle and value systems and are ergonomically synergistic to aid in better living will be the driving force [10].

Conclusion. As leather exhibits aesthetic and multifunctional properties, they are most preferable materials for leather garments. Recently leather footwear and apparels have been found to have much less carbon footprint when compared to synthetic nonbiodegradable materials. Leather has been a high fashion apparel material for centuries and fashion designers have used leathers as attractive clothing and footwear material for many design themes.

References

1. Future Trends in the World Leather and Leather Products Industry and Trade. – Vienna: UNIDO, 2010. – 120 p.
2. Jayanthi D., Sundar V.J., Chellan R., Muralidharan, Chellappa M. Green processing: minimising harmful substances in leather making //Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – Vol. 26. – P. 6782-6790.
3. ITC – Trade impact for good [Electronic resource]. – Access mode: www.intracen.org.
4. Fibre2Fashion: Textile & Apparel Business Solution [Electronic resource]. – Access mode: fibre2fashion.com.
5. Sundar, V.J., Muralidharan, C. Transparent leather and a process for preparation thereof. //Indian Patent 0018NF2020. 2020.
6. Sundar V.J., Muralidharan C. An Environmentally Friendly Mineral-free Tanning of Animal Skins – Sustainable Approach with Plant Resources //Environ Process. – 2020. – Vol. 7. – P 255-270.
7. Ariram N., Madhan B. Development of bio-acceptable leather using bagasse //Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 250. – P. 119441.
8. Sundar V.J., Muralidharan C. A study on water vapour permeability with increased functional properties of upper leathers //Revista de Pielarie Incaltaminte. – 2017. – Vol. 17. – No. 3. – P. 155.
9. Belleau B.D., Marquette Y.B., Summers T.A. Practical techniques for designing with exotic leather: American Alligator and Emu //Clothing and Textiles Research Journal. – 2004. – Vol. 22. – No. 1-2. – P. 53-60.
10. Fashion Beyond //NIFT Magazine. – 2003. – Vol. 1(4).

Material received on 04.08.24.

В.Дж. Сундар[1], Б. Абзалбекулы[2]

[1]Ғылыми және өндірістік зерттеулер кеңесі (CSIR)-Орталық тері ғылыми-зерттеу институты, Ченнай қ., Үндістан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

БЫЛҒАРЫ АЯҚ КИІМ МЕН КИІМ: ТҰРАҚТЫЛЫҚ ПЕН МОДЕРНИЗАЦИЯНЫҢ КІЛТІ

Аңдатпа. Бұл шолу мақаласы сән индустриясында тұрақтылыққа қол жеткізудегі былғары аяқ киім мен киімнің маңызды рөлін қарастырады. Ол ет, сүт және жүн өнеркәсібінің жанама өнімдерін пайдаланатын былғары өндіру процесіне арналған және эстетикалық тартымдылық, құрылым және тыныс алу сияқты материалдың бірегей қасиеттерін қарастырады. Мақалада былғары киімнің практикалық қажеттіліктен сәнді заттарға ауысуы және тұрақты былғары өндірісіндегі қиындықтар мен жетістіктер талқыланады. Ол сондай-ақ мөлдір тері және экзотикалық тері көздері сияқты жаңа тенденцияларды қарастырады және саланың өсуі мен экологиялық жауапкершілікті қамтамасыз ету үшін тұрақты дағдыларды дамытудың маңыздылығын көрсетеді.

Тірек сөздер: былғары аяқ киім, былғары киім, тұрақты даму, былғары өндірісі, сән индустриясы, экологиялық сән, өндіріс қалдықтары.

В.Дж. Сундар[1], Б. Абзалбекулы[2]

[1]Совет по научным и промышленным исследованиям (CSIR)-Центральный научно-исследовательский институт кожи, г. Ченнай, Индия
[2]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

КОЖАНАЯ ОБУВЬ И ОДЕЖДА: КЛЮЧ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ И МОДЕ

Аннотация. В этой обзорной статье рассматривается важнейшая роль кожаной обуви и одежды в достижении устойчивости в индустрии моды. Она посвящена процессу производства кожи, в котором используются побочные продукты мясной, молочной и шерстяной промышленности, и рассматривает уникальные качества материала, такие как эстетическая привлекательность, текстура и воздухопроницаемость. В статье подчеркивается переход кожаной одежды от практической необходимости к модным вещам и обсуждаются проблемы и достижения в области устойчивого производства кожи. В ней также рассматриваются новые тенденции, такие как прозрачные кожи и экзотические источники кожи, и подчеркивается важность развития устойчивых навыков для обеспечения роста отрасли и экологической ответственности.

Ключевые слова: кожаная обувь, кожаная одежда, устойчивое развитие, производство кожи, индустрия моды, экологичная мода, отходы производства.

МРНТИ 64.29.15

Г.Ю. Калдыбаева[1] – *основной автор*, **И.А. Набиева[2], И.Г. Шин[3], Р.Т. Калдыбаев[4]**

[1]*Магистр,* [2,3]*Д-р техн. наук, профессор,* [4]*Канд. техн. наук, доцент*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-9817-0355* [2]*https://orcid.org/0000-0001-6490-172X* [4]*https://orcid.org/0000-0002-1370-7553*

[1,4]*Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова., г. Шымкент, Казахстан*
[2,3]*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Республика Узбекистан*

@ [1]*gkaldybaeva@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/UBDQ6810

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛНОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА ПОСЛЕ ДЖИНИРОВАНИЯ

Аннотация. Основные технологические операции, предшествующие выработке ткани, являются многофакторными. Для получения математических моделей многофакторных процессов при минимальном числе опытов очень эффективными признаны статистические методы планирования эксперимента, так как многие важные характеристики этих процессов являются случайными величинами, распределение которых близко следует нормальному закону. При этом характерными особенностями планирования эксперимента являются стремление минимизировать число опытов, одновременное варьирование всех исследуемых факторов по специальным правилам – алгоритмам, применение специального математического аппарата, выбор стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии опытов.

Проведение полного факторного эксперимента, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, предусматривает на первом этапе установление основных (нулевых) уровней факторов и интервалов их варьирования, которые принимаются за исходные в плане эксперимента.

В данной статье рассмотрена математическая модель технологического процесса волокноотделения (джинирование) при первичной обработке хлопка.

Ключевые слова: математическое моделирование, полнофакторный эксперимент, параметр оптимизации, джинирование, хлопковое волокно, засоренность, влажность.

Калдыбаева, Г.Ю. Математическое моделирование на основе планирования полнофакторного эксперимента для исследования параметров хлопкового волокна после джинирования [Текст] / Г.Ю. Калдыбаева, И.А. Набиева, И.Г. Шин, Р.Т. Калдыбаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.366-376. https://doi.org/10.55956/UBDQ6810

Введение. Выбор основных уровней факторов должен соответствовать значению параметров оптимизации, по возможности более близкому к оптимальному. При выборе интервала варьирования следует учесть, что он не

может быть меньше той ошибки, с которой при опыте фиксируется уровень фактора, а также не может быть настолько большим, чтобы верхний и нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. Необходимо также иметь в виду, что увеличение интервалов варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функций отклика [1,2].

Условия и методы исследований. Математическое планирование эксперимента проведено с целью определения рациональных параметров исследуемых операций для проектируемой ткани. В качестве математической модели принят полином первой степени, который линеен относительно неизвестных коэффициентов и упрощает обработку экспериментальных данных. Полином первой степени в общем виде выражается уравнением:

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + ...b_1x_1 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + ... + b_{12...k}x_1x_2.....x_k \quad (1.1)$$

Для трех факторов (независимых переменных) это уравнение имеет вид:

$$y = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (1.1a)$$

Проведение полного факторного эксперимента, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, предусматривает на первом этапе установление основных (нулевых) уровней факторов и интервалов их варьирования, которые принимаются за исходные в плане эксперимента.

Выбор основных уровней факторов должен соответствовать значению параметров оптимизации, по возможности более близкому к оптимальному. При выборе интервала варьирования следует учесть, что он не может быть меньше той ошибки, с которой при опыте фиксируется уровень фактора, а также не может быть настолько большим, чтобы верхний и нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. Необходимо также иметь в виду, что увеличение интервалов варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функций отклика.

Для удобства записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных уровни факторов кодируют. Кодированное значение фактора x_1 определяют по выражению

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - \tilde{x}_i^0}{\varepsilon_i} \quad (1.2)$$

где: $\tilde{x}_i$ – натуральное значение i-го фактора; $\tilde{x}_i^0$ – натуральное значение основного уровня i-го фактора; ε_i – интервал варьирования i-го фактора.

В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, нижний -1, а основной 0. Если число уровней каждого фактора m, а число факторов k, то число N всех сочетаний уровней факторов или число опытов в полном факторном эксперименте определяется выражением:

$$N = m^k \quad (1.3)$$

После выбора плана эксперимента, основных уровней и интервалов варьирования факторов переходят к эксперименту. Каждая строка матрицы – это условия опыта. Для исключения систематических ошибок рекомендуются

опыты, предусмотренные матрицей, проводить в случайной последовательности в соответствии с таблицей случайных чисел. Так, например, если требуется провести четыре опыта, то получим следующую последовательность реализации опытов:

Номер опыта в матрице	1	2	3	4
Порядок реализации опытов	2	3	1	4

В случае проведения восьми опытов:

Номер опыта в матрице	1	2	3	4	5	6	7	8
Порядок реализации опытов	7	2	8	3	1	4	5	6

При проведении исследований используют три варианта дублирования (постановка параллельных опытов):

1) Эксперимент проведен при равномерном дублировании (параллельные опыты, проведенные при одном и том же значении факторов);

2) Эксперименты выполнены при неравномерном дублировании опытов;

3) Эксперимент поставлен без дублирования опытов.

Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования. Обработку результатов эксперимента в этом случае производят в следующей последовательности:

1. Вычисление дисперсии S_y^2 воспроизводимости эксперимента. Для этого выполняют несколько параллельных опытов в нулевой точке (в центре плана). По результатам опытов в центре плана вычисляют дисперсию S_y^2 воспроизводимости эксперимента.

$$S_y^2=\frac{1}{n_o-1}\left[\sum_{u=1}^{n_o}(y_u-\bar{y})^2\right] \quad (1.4)$$

где: n_o – число параллельных опытов в нулевой точке; y_u – значение параметра оптимизации в плане; $\bar{y}$ – среднее арифметическое значение параметров оптимизации в параллельных опытах.

2. Вычисление коэффициентов модели по завершении эксперимента.

1) Свободный член b_o определяют по формуле:

$$b_o=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} y_j \quad (1.5)$$

где, N – число опытов в полном факторном эксперименте.

2) Коэффициенты регрессии, характеризующие линейные эффекты вычисляют по выражению:

$$b_i=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x_{ij}\, y_j \quad (1.6)$$

3) Коэффициенты регрессии, характеризующие эффекты взаимодействия определяют по формуле:

$$b_{il}=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x_{ij}\, x_{lj} y_j \quad (1.7)$$

где: il – номера факторов; j – номер строки или опыта в матрице планирования; y_j – значение параметра оптимизации в j-ом опыте; x_{ij}, x_{lj} – кодированные значения (±1)факторов в i и l в j-ом опыте.

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Проверку значимости коэффициентов можно производить двумя способами:

1) сравнением абсолютной величины коэффициента с доверительным интервалом;

2) с помощью t-критерия Стьюдента.

При проверке значимости коэффициентов первым способом для определения доверительного интервала вычисляют дисперсии коэффициентов регрессии по выражению:

$$S^2\{b_i\}=\frac{1}{N}S_y^2 \quad (1.8)$$

где, $S^2\{b_i\}$ – дисперсия i-го коэффициента регрессии.

Из формулы (1.8) следует, что дисперсии всех коэффициентов равны.

Доверительный интервал определяют по формуле:

$$\Delta b_i = \pm t_т \mathrm{S}\{b_i\} \quad (1.9)$$

где, $t_т$ – табличное значение при принятом уровне значимости и числе степеней свободы f, которое определяют по выражению f=n_o-1

Коэффициент регрессии значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

4. Определение дисперсии $S^2_{ад}$адекватности по формуле:

$$S^2_{ад}=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{f}=\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(y_j-\hat{y}_j\right)^2}{N-(k+1)} \quad (1.10)$$

где: y_j – наблюдаемое значение параметров оптимизации в j-м опыте; $\hat{y}_j$ – значение параметра оптимизации, вычисленное по модели для условий j-го опыта; f – число степеней свободы, которое для линейной модели определяется по выражению: f=N-$(k+1)$, где k – число факторов.

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера в соответствии с формулой:

$$F_p=\frac{S^2_{ад}}{S^2_y} \quad (1.11)$$

Если $F_P < F_T$ для принятого уровня значимости и соответствующих чисел степеней свободы, то модель считают адекватной. При $F_P > F_T$ гипотеза адекватности отвергается. В этом случае для получения адекватной модели принимают одно из следующих решений:

1) переходит к планированию второго или более высокого порядка;

2) уменьшают интервалы варьирования и ставят новый эксперимент, повторяя эти действия до получения адекватной линейной модели.

Результаты исследований и их обсуждение. Ценность хлопкового волокна, как текстильного сырья, характеризуется его качественными показателями, определяющимися природными свойствами и факторами процесса джинирования – механического отделения волокон от семян и представляющим собой материал для прядения. К природным свойствам

хлопкового волокна относятся: его длина, степени зрелости и желтизны, тонина, разрывная нагрузка, упругость. Максимальное сохранение природных свойств хлопкового волокна в процессах первичной обработки хлопка (ПОХ) – важнейшая технологическая задача, решаемая на всех этапах обработки хлопка-сырца.

К факторам, характеризующим качество процесса джинирования, относятся: засоренность и зажгученность волокна и наличие в нем пороков джинирования – кожицы с волокном и пухом, рваные и перебитые волокна, узелки, жгутики, битые семена. Засоренность волокна и пороки джинирования крайне нежелательны, так как ухудшают процесс прядения.

В качестве факторов, влияющих на процесс джинирования, приняты x_1 – влажность исходного хлопка-сырца, %; x_2 –засоренность исходного хлопка-сырца, %. Их основные уровни и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы %	Кодовое обозначение	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
			верхний +1	основной 0	нижний -1
Влажность исходного хлопка-сырца	x_1	2	10,5	8,5	6,5
Засоренность исходного хлопка-сырца	x_2	3	12	9,0	6

Функцией отклика или параметрами оптимизации выбраны: y_1 – степень желтизны, %; y_2 – засоренность после джинирования, %; y_3 – относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс.

Матрица планирования и результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Матрицы планирования и результаты опытов

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	y_1	y_2	y_3
1	+	-	-	+	8,5	3,2	29,5
2	+	+	-	-	10,0	3,7	28,1
3	+	-	+	-	8,8	4,5	28,5
4	+	+	+	+	11,2	5,7	25,9

Для полного факторного эксперимента типа (1.3) $N = m^k = 2^2$ уравнение регрессии с учетом эффектов взаимодействия представим выражением:

$$Y= b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2$$

Опыты не дублированы. Расчеты выполнены по рассмотренному выше алгоритму в соответствии с формулами (1.4)-(1.11).

I. Параметр оптимизации y_1.

1. Для определения дисперсии параметра оптимизации были проведены три опыта при значении факторов на основных уровнях (в центре

плана), т.е. при $x_1 = x_2$ =0. Полученные значения параметра оптимизации y_u, среднее значение $\bar{y}$, отклонения значений параметра оптимизации от его среднего значения $(y_u - \bar{y}_u)$ и квадраты этих отклонений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вспомогательная таблица для расчета S_y^2

№ опыта	y_u	$\bar{y}_u$	$y_u - \bar{y}_u$	$(y_u - \bar{y}_u)^2$	S_y^2
1	9,7	$\frac{\sum_{u=1}^{3} y_u}{3} = \frac{28,6}{3}$ =9,53	0,17	0,0289	$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1} = \frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1} = \frac{0,0467}{2}$= 0,0233
2	9,5		-0,03	0,0009	
3	9,4		-0,13	0,0169	
	$\sum_{u=1}^{3} y_u$ = =28,6			$\sum_{u=1}^{3}(y_u - \bar{y}_u)^2$ = =0,0467	

2. Определение коэффициентов модели по формулам (1.5)-(1.7)

b_o =9,625; b_1 =0,975; b_2 =0,375; b_{12} = 0,225

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{b_i\} = \frac{1}{N} S_y^2 = \frac{1}{4} * 0,0233 = 0,0058$

Доверительный интервал

$\Delta b_i = \pm t_T S\{b_i\}$; $S\{b_i\} = \sqrt{\frac{S_y^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,0233}{4}} = 0,076$

$\Delta b_i = \pm 4,3 * 0,076 = \pm 0,3268,$

где: t_T =4,3 – табличное значение критерия, определяемое при числе степеней свободы f=n_o -1=3-1=2 и 5%-ном уровне значимости [1].

Таким образом, значимыми остаются коэффициенты b_o , b_1 , b_2 .

Поэтому уравнение регрессии с кодированными переменными имеет вид:

$$y_1 = 9,625 + 0,975x_1 + 0,375x_2 \quad (2.1)$$

4. Расчет дисперсии адекватности $S_{ад}^2$по формуле (1.10). Для этого составим вспомогательную таблицу 4.

При вычислении значений $\hat{y}_j$ в уравнение (2.1) необходимо подставить кодированные значения факторов.

Таблица 4

Вспомогательная таблица для расчета $S^2_{\text{ад}}$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j - \hat{y}_j$	$(y_j - \hat{y}_j)^2$
1	8,5	8,275	0,225	0,0506
2	10,0	10,225	-0,225	0,0506
3	8,8	9,025	0,225	0,0506
4	11,2	10,975	0,225	0,0506

$\sum_{j=1}^{4}(y_j - \hat{y}_j)^2$=0,2024

$S^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_{j=1}^{N}(y_j - \hat{y}_j)^2}{N-(K+1)} = \frac{0.2024}{4-(2+1)}$ = 0,2024

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера.

Расчетное значение критерия:

$F_p = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_y} = \frac{0,2024}{0,0233}$ =8,6866~8,69

Табличное значение критерия $F_T = 18.5$ при 5%-ном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя $f_1 = N - (k+1) = 4 - (2+1) = 1$ и для знаменателя $f_2 = n_o - 1 = 3 - 1 = 2$. Так как $F_p < F_T$ то модель, представленная уравнением (2.1), адекватна.

II. Параметр оптимизации y_2

В аналогичной последовательности выполнен расчет параметров оптимизации y_2.

1. Дисперсия параметра оптимизации (табл. 5).

Таблица 5

Вспомогательная таблица для расчета S^2_y

№ опыта	y_u	$\bar{y}_u$	$y_u - \bar{y}_u$	$(y_u - \bar{y}_u)^2$	S^2_y
1	4,1	$\frac{\sum_{u=1}^{3} y_u}{3} = \frac{12,8}{3}$ =4,27	-0,17	0,0289	$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1} = \frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1} = \frac{0,0467}{2}$= 0,0233
2	4,3		0,03	0,0009	
3	4,4		0,13	0,0169	
	$\sum_{u=1}^{3} y_u$ =12,8			$\sum_{u=1}^{3}(y_u - \bar{y}_u)^2$ =0,0467	

2. Коэффициенты модели

b_o = 4.275; b_1 =0,475; b_2 =0,825; b_{12} =0,175

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{b_i\}=\frac{1}{N}S_y^2=\frac{1}{4}*0{,}0233=0{,}0058$

$S\{b_i\}=\sqrt{\frac{S_y^2}{N}}=\sqrt{\frac{0{,}0233}{4}}=0{,}076$

$\Delta b_i=\pm t_T S\{b_i\}=\pm 4{,}3*0{,}076=\pm 0{,}3268,$

Так как $|b_0|>|\Delta b_i|, |b_1|>|\Delta b_i|, |b_2|>|\Delta b_i|, |b_{12}|<|\Delta b_i|$ то уравнение регрессии с кодированными переменами принимает вид:

$$y_2=4{,}275+0{,}425x_1+0{,}825x_2 \quad (2.2)$$

4. Определение дисперсии адекватности $S_{ад}^2$ (табл. 6).

Таблица 6

Вспомогательная таблица для расчета $S_{ад}^2$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j-\hat{y}_j$	$(y_j-\hat{y}_j)^2$
1	3,2	3,025	0,175	0,0306
2	3,7	3,875	-0,175	0,0306
3	4,5	4,675	-0,175	0,0306
4	5,7	5, 525	0,175	0,0306

$\sum_{j=1}^{4}(y_j-\hat{y}_j)^2=0{,}1224$

$S_{ад}^2=\frac{\sum_{j=1}^{N}(y_j-\hat{y}_j)^2}{N-(K+1)}=\frac{0.1224}{4-(2+1)}=0{,}1224$

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера. Расчетное значение критерия:

$F_p=\frac{S_{ад}^2}{S_y^2}=\frac{0{,}1224}{0{,}0233}=5{,}2532\sim 5{,}25$

Так как табличное значение критерия $F_T=18.5$ при 5%-ном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя $f_1=1$ и для знаменателя $f_2=2$, то выполняется условие $F_p<F_T$, то есть модель, описанная уравнением (2.28) адекватна.

III. Параметр оптимизации y_3

1. Дисперсия параметра оптимизации (табл. 7).

Таблица 7

Вспомогательная таблица для расчета S_y^2

№ опыта	y_u	$\bar{y}_u$	$y_u-\bar{y}_u$	$(y_u-\bar{y}_u)^2$	S_y^2
1	26,9	$\frac{\sum_{u=1}^{3}y_u}{3}=\frac{81{,}4}{3}=27{,}13$	-0,23	0,0529	$\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{n_o-1}=\frac{\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2}{3-1}=\frac{0{,}1267}{2}=0{,}6335$
2	27,1		-0,03	0,0009	
3	27,4		0,27	0,0729	
	$\sum_{u=1}^{3}y_u=81{,}4$			$\sum_{u=1}^{3}(y_u-\bar{y}_u)^2=0{,}1267$	

2. Коэффициенты математической модели

b_o =28,0; b_1 =-1,0; b_2 =-0,8; b_{12} =-0,3

3. Проверка статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$S^2\{b_i\}=\frac{1}{N}S_y^2=\frac{1}{4}*0,0634=0,01585$

Доверительный интервал

$\Delta b_i = \pm t_T S\{b_i\}$; $S\{b_i\}=\sqrt{\frac{S_y^2}{N}}=\sqrt{\frac{0,0634}{4}}=0,1259$

$\Delta b_i = \pm 4,3 * 0,1259 = \pm 0,541,$

Сравнив значения по модулю коэффициентов уравнения регрессии с доверительным интервалом, заключаем, что уравнение принимает вид:

$$y_3 = 28,0 - x_1 - 0,8x_2 \quad (2.3)$$

4. Расчет дисперсии адекватности $S^2_{ад}$ (табл. 8).

Таблица 8

Вспомогательная таблица для расчета $S^2_{ад}$

№ опыта	y_j	$\hat{y}_j$	$y_j - \hat{y}_j$	$(y_j - \hat{y}_j)^2$
1	29,5	29,8	-0,3	0,09
2	28,1	27,8	0,3	0,09
3	28,5	28,2	0,3	0,09
4	25,9	26,2	-0,3	0,09

$\sum_{j=1}^{4}(y_j - \hat{y}_j)^2$=0,36

$S^2_{ад} = \frac{\sum_{j=1}^{N}(y_j - \hat{y}_j)^2}{N-(K+1)}=\frac{0.36}{4-(2+1)} = 0,36$

5. Проверка гипотезы адекватности модели по F-критерию Фишера.

Расчетное значение критерия

$F_p=\frac{S^2_{ад}}{S_y^2}=\frac{0,36}{0,0634}=5,68$

Табличное значение критерия $F_T = 18.5$ больше расчетного $F_P = 5,68$, следовательно, модель представленная уравнением (2.3), адекватна.

Анализ полученных уравнений регрессии (2.1), (2.2) и (2.3) адекватен отражающий рассматриваемую математическую модель, свидетельствует о том, что факторы x_1 (влажность исходного хлопка-сырца) и x_2 (засоренность исходного хлопка-сырца) являются позитивными для параметров

оптимизации y_1 – степень желтизны и y_2 – засоренность после джинирования. При этом степень влияния первого фактора больше второго для y_1 и для y_2 – наоборот.

Влажность и засоренность исходного хлопка сырца отрицательно влияют на относительную разрывную нагрузку (y_3) и являются негативными факторами, о чем говорит знак «минус» в уравнении регрессии (2.3).

Заключение. В соответствии с уравнением регрессии минимальная засоренность волокна после джинирования получается при минимальных значениях влажности и засоренности исходного хлопка-сырца, равных 6,5 и 6% соответственно

Список литературы

1. Ихтиярова Г.А. Математическое планирование эксперимента по созданию оптимального состава загустителя на основе бентонита и синтетических полимеров для набивки ткани [Текст] / Г.А. Ихтиярова // Молодой ученый. – 2016. – № 4 (108). – С. 148-151.
2. Щурин, К.В. Методика и практика планирования и организации эксперимента [Текст]: практикум / К.В. Щурин, Д.А. Косых. – Оренбург: ОГУ, 2012 – 185 с.

Материал поступил в редакцию 24.09.24.

Г.Ю. Калдыбаева[1], И.А. Набиева[2], И.Г. Шин[2], Р.Т. Калдыбаев[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты,
Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

МАҚТА ТАРАУДАН КЕЙІН МАҚТА ТАЛАПЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ТОЛЫҚ ФАКТОРЛЫ ЭКСПЕРИМЕНТ ЖОСПАРЛАУ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Мата өндірісінің алдындағы негізгі технологиялық операциялар көп факторлы болып табылады. Тәжірибелердің ең аз саны бар көп факторлы процестердің математикалық модельдерін алу үшін экспериментті жоспарлаудың статистикалық әдістері өте тиімді болып саналады, өйткені бұл процестердің көптеген маңызды сипаттамалары кездейсоқ шама болып табылады, олардың таралуы қалыпты заңға сәйкес келеді. Сонымен бірге экспериментті жоспарлаудың сипатты белгілері эксперименттер санын барынша азайтуға ұмтылу, барлық зерттелетін факторларды арнайы ережелер – алгоритмдер бойынша бір мезгілде өзгерту, арнайы математикалық аппаратты пайдалану және тәжірибені жүзеге асыруға мүмкіндік беретін стратегияны таңдау болып табылады. эксперименттердің әрбір сериясынан кейін негізделген шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Деңгейлердің барлық мүмкін комбинациялары жүзеге асырылатын толық факторлық экспериментті жүргізу бірінші кезеңде эксперименттік жоспарда бастапқылар ретінде қабылданатын факторлардың негізгі (нөлдік) деңгейлерін және олардың өзгеру аралықтарын белгілеуді көздейді.

Бұл мақалада мақтаны алғашқы өңдеу кезінде талшықты бөлу (джинерлеу) технологиялық процесінің математикалық моделі қарастырылады.

Тірек сөздер: математикалық модельдеу, толық факторлық эксперимент, оңтайландыру параметрі, джинерлеу, мақта талшығы, ластану, ылғалдылық.

G.Yu. Kaldybaeva[1], I.A. Nabieva[2], I.G. Shin[2], R.T. Kaldybaev[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

MATHEMATICAL MODELLING BASED ON FULL-FACTORIAL EXPERIMENT PLANNING FOR THE STUDY OF COTTON FIBRE PARAMETERS AFTER GINNING

Abstract. The main technological operations preceding fabric production are multifactorial. To obtain mathematical models of multifactor processes at minimum number of experiments statistical methods of experiment planning are very effective, as many important characteristics of these processes are random variables, the distribution of which closely follows the normal law. In this case, the characteristic features of experiment planning are the desire to minimise the number of experiments, simultaneous variation of all the factors under study according to special rules – algorithms, the use of special mathematical apparatus, the choice of strategy that allows making informed decisions after each series of experiments.

Conducting a full factor experiment, in which all possible combinations of levels are realised, provides at the first stage the establishment of the main (zero) levels of factors and intervals of their variation, which are taken as initial in the experiment plan.

This article considers the mathematical model of the technological process of fibre separation (ginning) in the primary processing of cotton.

Keywords: mathematical modelling, full-factorial experiment, optimization parameter, ginning, cotton fibre, clogging, moisture.

References

1. Ikhtiyarova G.A. Matematicheskoye planirovaniye eksperimenta po sozdaniyu optimal'nogo sostava zagustitelya na osnove bentonita i sinteticheskikh polimerov dlya nabivki tkani [Mathematical planning of an experiment to create an optimal composition of a thickener based on bentonite and synthetic polymers for fabric filling] // Molodoy uchenyy. – 2016. – No. 4 (108). – P. 148-151. [in Russian].
2. Shchurin, K.V., Kosykh, D.A. Metodika i praktika planirovaniya i organizatsii eksperimenta [Methodology and practice of planning and organizing an experiment]: workshop. – Orenburg: Orenburg State University, 2012 – 185 p. [in Russian].

МРНТИ 64.33.14

И.С. Ким[1] – *основной автор*, **В.М. Джанпаизова[2], О.В. Метелева[3], Б.С. Туракулов[4]**

[1]*Докторант*, [2]*Канд. хим. наук, ассоц. профессор,*
[3]*Д-р техн. наук, профессор*, [4]*Канд. техн. наук, доцент*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0006-7054-9818* [2]*https://orcid.org/0000-0002-4356-0257*
[3]*https://orcid.org/0009-0000-2247-4037* [4]*https://orcid.org/0000-0002-4269-7614*

[1,2,4]*Университет им. Ж.А. Ташенова, г. Шымкент, Казахстан*
[3]*Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия*

@ [1]*valeri-787@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XGDW9648

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДЕКОРЕ ПАЛЬТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ: ОТ ТРАДИЦИОННОГО К ИННОВАЦИОННОМУ

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные тенденции в декоре пальтовых изделий, с акцентом на переход от традиционных методов украшения к инновационным подходам. В условиях стремительно развивающейся модной индустрии, декор становится ключевым элементом, определяющим уникальность и востребованность пальтовых изделий на рынке. Исследование охватывает эволюцию декоративных техник, анализирует влияние новых материалов, технологий и дизайнерских решений на создание современного облика пальто. В работе также рассмотрены предпочтения потребителей, их восприятие различных декоративных элементов, а также способы интеграции традиционных и инновационных декоративных подходов для повышения привлекательности продукции. Результаты исследования могут быть полезны для дизайнеров, производителей и исследователей моды, заинтересованных в разработке актуальных и конкурентоспособных коллекций пальтовых изделий, ориентированных на современные запросы рынка.

Ключевые слова: пальтовые изделия, декор, современные тенденции, традиционные методы, инновации, потребительские предпочтения, мода.

Ким, И.С. Современные тенденции в декоре пальтовых изделий: от традиционного к инновационному [Текст] / И.С. Ким, В.М. Джанпаизова, О.В. Метелева, Б.С. Туракулов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.377-386. https://doi.org/10.55956/XGDW9648

Введение. «Современные тенденции в декоре пальтовых изделий: от традиционного к инновационному» отражает эволюцию подходов в оформлении верхней одежды, переходя от классических методик к современным экспериментам с текстурами, цветами и материалами. В последние годы дизайн пальто стал не просто вопросом функциональности и защиты от непогоды, но и символом индивидуальности и выражением креативных тенденций. На волне устойчивой моды и технологических инноваций, все больше дизайнеров обращаются к нестандартным материалам, использованию декоративных вставок, вышивок и современных технологий, таких как лазерная резка и 3D-принтинг.

Традиционные формы и узоры, такие как клетка, гусиная лапка и шотландские мотивы, часто совмещаются с инновационными решениями. Это подчеркивает значимость перехода от статичных элементов декора к более гибким и адаптивным, отражающим современные модные направления. К примеру, такие материалы, как экологичная шерсть и переработанные ткани, стали частью новой философии «sustainable fashion», направленной на сокращение отходов и минимизацию влияния на окружающую среду. С переходом модной индустрии к экологически ответственному производству, наблюдается рост популярности натуральных и переработанных материалов, таких как экологически чистая шерсть, переработанный полиэстер и инновационные биоматериалы. Эта тенденция особенно заметна в сегменте верхней одежды, где производители стремятся сочетать традиционные ткани с более устойчивыми альтернативами. Согласно данным Deloitte, более 60% потребителей в 2021 году предпочли бы покупать одежду из экологически чистых материалов, что иллюстрирует значимость этого тренда [1]. Современные тенденции также поддерживают концепцию модульного дизайна, позволяющего владельцу комбинировать различные элементы одежды для создания уникальных ансамблей [2].

Сегодня дизайнеры активно исследуют возможности декоративных технологий, таких как тепловая печать и цифровая вышивка, способные придать уникальность и эксклюзивность изделию. К примеру, многие бренды стали использовать лазерную резку и ультразвуковое склеивание тканей, что не только делает пальто прочнее и удобнее, но и обеспечивает новый уровень детализации [3].

Современные методы декоративной обработки пальто включают цифровую вышивку, лазерную резку и ультразвуковое склеивание тканей. Эти инновационные технологии обеспечивают новые возможности для создания уникальных и эксклюзивных моделей, а также позволяют минимизировать отходы и сократить производственные расходы. Например, использование лазерной резки позволяет с высокой точностью создавать сложные узоры, которые ранее были невозможны с помощью традиционных методов [3].

В нашем исследовании показан рост популярности использования экологичных материалов в верхней одежде за последние годы (2020-2023 гг.), что свидетельствует о возросшем спросе на пальто из натуральных и переработанных тканей (рис. 1). Сравнительный анализ изменений методов декора пальтовых изделий с течением времени от традиционных (вышивка, ручная работа) к современным технологиям (цифровая вышивка, лазерная резка) представлен в таблице 1. «Современные тенденции в декоре пальтовых изделий: от традиционного к инновационному» охватывает широкий спектр исследований, посвященных эволюции декоративных методов в модной индустрии, особенно в сегменте верхней одежды. В данном исследовании будут рассмотрены ключевые изменения и нововведения в дизайне пальто, иллюстрирующие переход от традиционных техник к современным подходам, а также проанализированы экологические, эстетические и технологические аспекты этого процесса, чтобы лучше понять, как декоративные элементы могут служить как классическим, так и современным требованиям рынка.

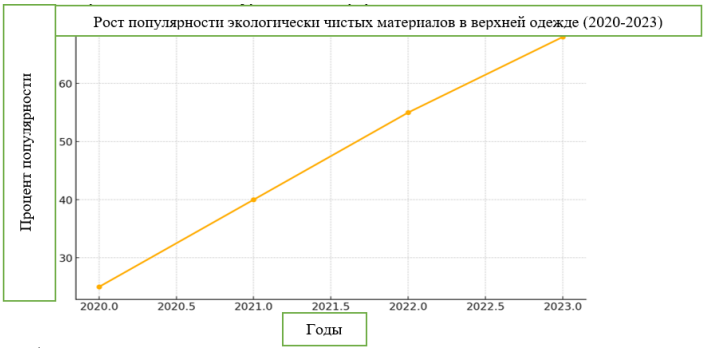


Рис. 1. Рост популярности использования экологичных материалов в верхней одежде

Таблица 1

Тренды в декоре пальтовых изделий

Традиционные методы	Современные методы
Ручная вышивка	Цифровая вышивка
Аппликация	Лазерная резка
Ручное бисероплетение	Ультразвуковое склеивание
Классические узоры (например, клетка, гусиная лапка)	3D-печать и термоформованные элементы

Традиционные подходы к декору пальто. Традиционные подходы к декорированию пальто охватывают множество техник, которые используются веками для создания уникального стиля и изделий высокого качества. Традиционные способы декорирования включают такие техники, как ручная вышивка, аппликация, бисероплетение и использование классических узоров, например, клетки или гусиной лапки. Эти элементы акцентируют внимание на долговечности и мастерстве изготовления пальто, придавая ему не только практичность, но и особую эстетическую ценность. Как отмечают некоторые исследователи, традиционные декоративные методы, такие как ручная вышивка, играют важную роль в поддержании визуальной идентичности брендов, которые влияют на исторические и культурные традиции, делают продукцию узнаваемой и отражают богатое наследие [4].

Переход к инновационным технологиям. Инновационные подходы продолжают расширение границ декоративного искусства на современном этапе. Благодаря внедрению новых материалов и технологий, таких как лазерная резка, термопечать и 3D-печать, современные дизайнеры трансформируют привычные формы и стили в нечто совершенно новое. Так современные технологии, включая лазерную резку, цифровую вышивку и ультразвуковое склеивание, активно используются для создания декоративных элементов. Эти инновации открывают новые горизонты для модной индустрии, предоставляя возможность производить уникальные, сложные и экологически безопасные изделия. Исследования, посвященные лазерной резке, показывают, что данная технология обеспечивает высокую точность в формировании узоров и способствует снижению количества отходов на производстве [5]. Кроме того, ультразвуковое склеивание, благодаря отсутствию нитей и швов, делает пальто более долговечным и устойчивым к внешним воздействиям.

Экологические тенденции в декоре пальто. Экология и устойчивость в современном мире становятся ключевым аспектом в модной индустрии. Сегодня дизайнеры и производители стремятся использовать экологически чистые материалы, перерабатывающие ткани и методы, снижающие выбросы углерода после производства. Как показано в ряде современных исследований, использование таких методов в декоре не только отвечает потребностям потребителей в экологичной продукции, но и помогает брендам создавать новую эстетику, которая поддерживает философию учета потребления. Современные исследования показывают, что экологичный подход привлекает все больше потребителей, особенно среди молодых поколений. Согласно данным Deloitte, более половины покупателей готовы переплатить за одежду, изготовленную из экологичных материалов, что делает внедрение таких материалов в декор пальто актуальной тенденцией [1]. Эта эволюция – от традиционного к инновационному – приводит к оригинальности декоративных элементов в сторону как эстетического, так и функционального образа пальтовых изделий, что делает их последовательной частью культурного и технологического прогресса в моде.

Модульный и адаптивный дизайн. Также наметилась тенденция к модульному и адаптивному дизайну, который позволяет потребителям самостоятельно изменять внешний вид пальто путем добавления или замены декоративных элементов. Например, некоторые бренды используют съемные детали, такие как манжеты и воротники, что дает возможность подстраивать изделие под разные сезоны и стили [6]. Модульный подход не только способствует гибкости в использовании, но и снижает потребность в частой покупке новых вещей, что способствует экологичной моде. Это направление особенно популярно среди современных потребителей, которые ценят универсальность и функциональность в одежде. Следует отметить, что модульный и адаптированный дизайн продлевает срок службы одежды, учитывая вариативность без необходимости приобретать новый товар.

Литературный анализ показывает, что переход от традиционного к инновационному в декоре пальтовых изделий зависит от множества аспектов: от сохранения культурного наследия до внедрения высоких технологий и устойчивых методов. Этот синтез обеспечивает уникальность, функциональность и способность современных пальтовых изделий адаптироваться к быстро меняющимся потребностям современной индустрии и общества.

Цель статьи заключается в развитии декоративных методов в дизайне пальтовой одежды, охватывающих как традиционную технику, так и современные инновационные подходы.

Условия и методы исследований. Для достижения целей исследования были выбраны материалы и технологии, которые наиболее соответствуют современным требованиям, выявленным в обзоре. В данном разделе рассматриваются ключевые методы, использованные для выявления актуальных трендов в декоре верхней одежды, включая сравнение традиционных и современных технологий, а также подходы, позволяющие оценить устойчивость и эстетическую ценность использованных материалов и техник.

Для анализа текущих тенденций в декоре пальто использованы следующие материалы:

1. Образцы материалов: Шерсть, переработанный полиэстер, органические ткани и инновационные биоматериалы. Эти материалы

позволяют оценить, как современные подходы к декору влияют на экологическую устойчивость изделий и соответствуют ли они стандартам устойчивого производства [1].

2. Фотографии и изображения декорированных пальто: собраны изображения пальто с традиционными (ручная вышивка, аппликация) и современными декоративными элементами (лазерная резка, цифровая вышивка) (рис. 2, 3). Это визуальные примеры позволяют наглядно сравнить эстетические различия между традиционным и инновационным декором [3].



Рис. 2. Примеры пальто с традиционными декоративными элементами (например, ручная вышивка, аппликация)



Рис. 3. Примеры пальто с инновационными декоративными элементами (лазерная резка, цифровая вышивка)

3. Анкетирование потребителей: было проведено анкетирование 200 потребителей для оценки их предпочтений и восприятия разных типов декора пальто. Полученные данные анализировались для выявления наиболее популярных декоративных элементов среди разных возрастных групп.

Методы:

1. Сравнительный анализ: для выявления различий между традиционными и инновационными методами декора использован сравнительный анализ. Традиционные методы (такие как ручная вышивка и классические орнаменты) были сопоставлены с современными методами (лазерная резка, ультразвуковое склеивание) для оценки их эффективности и визуального воздействия.

2. Пример анализа: лазерная резка и цифровая вышивка позволяют достичь высокого уровня детализации и устойчивости изделий, что делает их более востребованными в производстве. Традиционные методы, такие как ручная вышивка, имеют более высокую ценность с точки зрения уникальности и культурного наследия [5].

3. Анализ устойчивости: использован метод экологического анализа для оценки влияния используемых материалов на окружающую среду. Например, использование переработанного полиэстера и органической шерсти оценивалось с точки зрения их устойчивости и экологической безопасности.

4. Опрос и статистический анализ: данные, собранные в ходе анкетирования, обработаны с помощью статистических методов для выявления наиболее популярных декоративных элементов среди потребителей. Полученные результаты позволили определить, какие

материалы и техники больше всего ценятся различными возрастными группами и как эти предпочтения изменяются в зависимости от возраста.

График показывает предпочтения потребителей относительно различных декоративных техник на пальтовых изделиях, таких как ручная вышивка, аппликация, цифровая вышивка, лазерная резка и ультразвуковое склеивание (рис. 4).



Рис. 4. Популярность различных декоративных техник среди потребителей

В таблице 2 представлены сравнительные характеристики традиционных и современных методов декора пальто, включая такие параметры, как долговечность, устойчивость, визуальная привлекательность и стоимость.

Таблица 2

Сравнение традиционных и современных методов декора

№	Параметры	Традиционные методы	Современные методы
1	Долговечность	Средняя	Высокая
2	Устойчивость	Низкая	Высокая
3	Эстетическая привлекательность	Высокая	Разнообразная
4	Стоимость	Высокая	Средняя

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование современных тенденций в декоре пальтовых изделий выявило значительные изменения в предпочтениях потребителей и в используемых технологиях декора. В данном разделе представлены ключевые результаты анализа предпочтений потребителей, а также сравнительный анализ традиционных и инновационных методов декора.

1. Предпочтения потребителей по видам декоративных техник.

Согласно проведенному анкетированию, потребители все чаще выбирают декоративные техники, которые включают современные технологии. Наибольшую популярность среди респондентов получила цифровая вышивка (30% предпочтений), за ней следуют ручная вышивка (25%) и аппликация (20%). Лазерная резка и ультразвуковое склеивание, хотя и менее популярны, тем не менее набирают интерес у молодых потребителей, стремящихся к инновациям и уникальному дизайн [3]. На рисунках 5 и 6 представлены примеры пальто с традиционными и инновационными декоративными элементами.



Рис. 5. Пример пальто с традиционными декоративными элементами, такими как ручная вышивка и аппликация.



Рис. 6. Пример пальто с инновационными декоративными элементами, такими как лазерная резка и цифровая вышивка.

2. Сравнительный анализ традиционных и современных методов декора.

Сравнение традиционных и современных методов продемонстрировало, что современные технологии, такие как лазерная резка и ультразвуковое склеивание, обеспечивают большую долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. В то время как традиционные методы, например ручная вышивка, акцентируют внимание на уникальности и эстетической ценности изделия. Однако высокая стоимость традиционных технологий ограничивает их применение в массовом производстве, тогда как современные методы предлагают более доступные и разнообразные решения для декора [7]. Таблица ниже суммирует сравнительные характеристики.

Таблица 3

Сравнительная характеристика современных и традиционных методов

Параметры	Традиционные методы	Современные методы
Долговечность	Средняя	Высокая
Устойчивость	Низкая	Высокая
Эстетическая привлекательность	Высокая	Разнообразная
Стоимость	Высокая	Средняя

3. Экологические и социальные аспекты

Анализ показал, что современные методы декора оказывают меньший негативный эффект на окружающую среду благодаря применению переработанных материалов и экологичных технологий. Например, лазерная резка и цифровая вышивка помогают сократить количество отходов и снизить потребление энергии. Эти подходы также соответствуют принципам устойчивой моды, привлекая потребителей, ориентированных на экологически чистую продукцию [8].

Заключение. Анализ современных тенденций в декоре пальтовых изделий показывает, что инновации значительно влияют на моду и предпочтения потребителей. Переход от традиционных методов декорирования, таких как ручная вышивка и аппликации, к современным технологиям, включая лазерную резку и цифровую вышивку, не только изменил внешний вид пальто, но и трансформировал восприятие его как

элемента гардероба. Современные методы декора позволяют создавать уникальные, точные и долговечные дизайны, а также являются более точные и долговечные, и, что немаловажно, более экологичные за счет использования переработанных материалов и минимизации отходов.

Традиционные методы по-прежнему находят свое применение, особенно в сегменте премиум-класса, где высоко ценится уникальность ручной работы и культурное наследие. Они подчеркивают индивидуальность и высокую эстетическую ценность, но их стоимость и трудоемкость делают их менее доступными для массового производства. Современные методы, напротив, предлагают более гибкие и доступные решения, что делает их привлекательными для широкой аудитории.

Экологический аспект также стал важным фактором при выборе декоративных методов. Современные потребители всё чаще отдают предпочтение устойчивым технологиям, и многие бренды адаптируются к этим ожиданиям, интегрируя экологически чистые материалы и инновационные технологии, такие как ультразвуковое склеивание и лазерная резка.

Таким образом, декор пальто отражает не только модные тенденции, но и изменения в ценностях общества, переходящего к устойчивому потреблению. Будущее декора верхней одежды, вероятно, будет строиться на сочетании инноваций с уважением к традициям, предоставляя потребителям возможность выбирать изделия, которые сочетают в себе стиль, долговечность и экологичность.

Список литературы

1. Deloitte. Устойчивое потребление и предпочтения покупателей в модной индустрии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www2.deloitte.com/global/en.html.
2. Harvard Business Review. Модульный дизайн и адаптивные решения в индустрии моды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hbr.org.
3. Fashion Technology Today. Инновации в технологиях моды: цифровая вышивка, лазерная резка и устойчивые материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fashiontechnologytoday.com.
4. Иванова А.В. Традиционные декоративные техники в современном дизайне пальто [Текст] / А.В. Иванова //Журнал текстильного дизайна. – 2019. – № 15(2). – С. 45-58.
5. Петров Е.С. Экологические аспекты использования лазерной резки и ультразвукового склеивания в текстильной индустрии [Текст] / Е.С. Петров //Журнал экологической моды. – 2021. – № 18(1). – С. 30-39.
6. Смирнов И.Н. Модульный подход в дизайне верхней одежды: возможности и перспективы [Текст] / И.Н. Смирнов //Журнал дизайна одежды. – 2020. – № 22(3). – С. 101-112.
7. Ким И.С. Исследование рынка потребителей пальтово ассортиментной группы для женщин среднего возраста [Текст] / И.С. Ким, В.М. Джанпаизова, О.В. Метелева //Механика и технологии. – 2024. – №3 (85). – С. 406-415.
8. Ким И.С. Особенности разработки концепции промышленных авторских коллекции как способ творческой самореализации для дизайнеров [Текст] / И.С. Ким, В.М. Джанпаизова, Г.С. Кенжибаева, А.А. Купенова, Г.И. Дайрабаева, К.А. Есенбава, Б.П. Торебаев //Журнал Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 4 (388). – С. 148-152.

Материал поступил в редакцию 11.11.24.

И.С. Ким[1], В.М. Джанпаизова[1], О.В. Метелева[2], Б.С. Туракулов[1]

[1]Ж.А. Ташенов атындағы Университет, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Иваново мемлекеттік политехникалық университеті, Иваново қ., Ресей

ПАЛЬТО ӨНІМДЕРІНІҢ ДЕКОРЫНДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ДӘСТҮРЛІДЕН ИННОВАЦИЯҒА ҚАРАЙ

Аңдатпа. Бұл мақалада пальто бұйымдарының декорында қазіргі заманғы үрдістер қарастырылады, онда дәстүрлі әдістерден инновациялық тәсілдерге көшуге назар аударылады. Жылдам дамып келе жатқан сән индустриясы жағдайында декор пальто өнімдерінің нарықтағы бірегейлігін және сұранысқа ие болуын анықтайтын негізгі элементке айналуда. Зерттеу декоративті техникалардың эволюциясын қамтып, жаңа материалдар, технологиялар мен дизайнерлік шешімдердің пальтоның заманауи бейнесін қалыптастыруға әсерін талдайды. Жұмыста тұтынушылардың қалаулары, әртүрлі декоративті элементтерді қабылдауы, сондай-ақ өнімнің тартымдылығын арттыру үшін дәстүрлі және инновациялық декор тәсілдерін интеграциялау жолдары қарастырылған. Зерттеу нәтижелері дизайнерлер, өндірушілер және нарық сұраныстарына бағытталған сәнді әрі бәсекеге қабілетті пальто жинақтарын әзірлеуге мүдделі сән зерттеушілері үшін пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: пальто бұйымдары, декор, қазіргі заманғы үрдістер, дәстүрлі әдістер, инновациялар, тұтынушылық қалаулар, сән.

I.S. Kim[1], V.M. Janpaizova[1], O.V. Meteleva[2], B.S. Turakulov[1]

[1]Zh.A. Tashenov University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Ivanovo State Politechnical University, Ivanovo, Russia

MODERN TRENDS IN COAT DECORATION: FROM TRADITIONAL TO INNOVATIVE

Abstract. This article examines current trends in coat decoration, with a focus on the shift from traditional embellishment methods to innovative approaches. In the rapidly evolving fashion industry, decoration has become a key element that defines the uniqueness and market appeal of coat products. The study covers the evolution of decorative techniques, analyzing the impact of new materials, technologies, and design solutions on the creation of modern coat aesthetics. The paper also explores consumer preferences, their perception of various decorative elements, and ways to integrate traditional and innovative decorative approaches to enhance product appeal. The findings of this study may be valuable for designers, manufacturers, and fashion researchers interested in developing relevant and competitive coat collections that align with contemporary market demands.

Keywords: coat products, decoration, current trends, traditional methods, innovations, consumer preferences, fashion.

References

1. Deloitte. Sustainable Consumption and Consumer Preferences in the Fashion Industry [Electronic resource]. - Access mode: https://www2.deloitte.com/global/en.html.
2. Harvard Business Review. Modular Design and Adaptive Solutions in the Fashion Industry [Electronic resource]. - Access mode: https://hbr.org.
3. Fashion Technology Today. Innovations in Fashion Technologies: Digital Embroidery, Laser Cutting and Sustainable Materials [Electronic resource]. - Access mode: https://fashiontechnologytoday.com.
4. Ivanova A.V. Traditsionnyye dekorativnyye tekhniki v sovremennom dizayne pal'to [Traditional Decorative Techniques in Modern Coat Design] //Zhurnal tekstil'nogo dizayna [Journal of Textile Design]. – 2019. – No. 15(2). – P. 45-58. [in Russian].
5. Petrov Ye.S. Ekologicheskiye aspekty ispol'zovaniya lazernoy rezki i ul'trazvukovogo skleivaniya v tekstil'noy industrii [Environmental Aspects of Using Laser Cutting and Ultrasonic Gluing in the Textile Industry] //Zhurnal ekologicheskoy mody [Journal of Ecological Fashion]. – 2021. – No. 18(1). – P. 30-39. [in Russian].
6. Smirnov I.N. Modul'nyy podkhod v dizayne verkhney odezhdy: vozmozhnosti i perspektivy [Modular approach in outerwear design: possibilities and prospects] //Zhurnal dizayna odezhdy [Magazine of clothing design]. – 2020. – No. 22(3). – P. 101-112. [in Russian].
7. Kim I.S., Dzhanpaizova V.M., Meteleva O.V. Issledovaniye rynka potrebiteley pal'tovo assortimentnoy gruppy dlya zhenshchin srednego vozrasta [Research of the consumer market of the coat assortment group for middle-aged women] //Mechanics and Technology. – 2024. – No. 3 (85). – P. 406-415. [in Russian].
8. Kim I.S., Dzhanpaizova V.M., Kenzhibayeva G.S., Kupenova A.A., Dayrabayeva G.I., Yesenbava K.A., Torebayev B.P. Osobennosti razrabotki kontseptsii promyshlennykh avtorskikh kollektsii kak sposob tvorcheskoy samorealizatsii dlya dizaynerov [Features of the development of the concept of industrial author's collections as a way of creative self-realization for designers] //Zhurnal Izv. Vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti [Journal of News of Universities. Technology of the textile industry.]. – 2020. – No. 4 (388). – P. 148-152. [in Russian].

ҒТАМР 64.33.81

К.Ж. Кучарбаева[1] – *негізгі автор,*
Ш.Б. Сәрсенбек[2], Г.С. Шайзаданова[3]

[1]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [2]Магистрант, [3]PhD, ассистент профессор

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0003-0030-4314 [2]https://orcid.org/0000-0003-0030-4314 [3]https://orcid.org/0000-0003-3789-1196*

[1,2,3]Алматы технологиялық университеті,

Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]kucharbayeva.kaldygul@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/KTKC9557

КӨЛІК ЖӨНДЕУ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ АВТОЭЛЕКТРИК АРНАЙЫ КИІМ ЖИЫНТЫҒЫН ДАЙЫНДАУДА САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Автомобиль электриктері автомобильдердің электр жүйелерінің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етудегі негізгі функцияларды атқарушы болып табылады. Автоэлектриктердің жұмысы ерекше қауіптерді қамтитындықтан, олардың киімдерінің қорғау деңгейі жоғары, берік және ыңғайлы болуы аса маңызды. Мақалада арнайы автоэлектрик қызметкерлеріне арналған киім жиынтығына қолданылатын материал пакетінің физикалық-механикалық көрсеткіштері зерттеледі. Зерттеу барысында арнайы киім жиынтығының аралас фактуралы материал пакетінің су өткізбеу қасиетін, ауа өткізгіштік көрсеткіштері және мата бояуының тұрақтылығы талданды. Автоэлектриктер жиі электр тоғымен жұмыс істейтіндіктен, олардың киімі антистатикалық, электр өткізбейтін және су өткізбейтін болуы керек, ауа өткізгіштігі мен бояуының тұрақтылығы жоғары көрсеткіштерге жауап беруі керек. Эргономикалық талаптарды қанағаттандыру үшін, қолданылатын аралас фактуралы материалдар пакетінің құрылымдық ерекшеліктері маңызды рөл атқарады және қызмет көрсетудегі қауіпсіздік талаптарына сәйкестігімен бағаланады. Арнайы автоэлектриктердің күнделікті жұмысы киім жиынтығының сапасын арттыру, эргономикалық және еңбек қауіпсіздік талаптарын қамтамасыз ету, ұзақ мерзімділік пен жайлылықты үйлестіру мақсатында аралас фактуралы материал пакетінің сынақтық үлгілеріне зерттеу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде, жоғарғы көрсеткіштегі екінші сынақтық үлгідегі аралас фактуралы материал пакетінен автоэлектрик арнайы киім жиынтығы дайындалды.

Тірек сөздер: автоэлектрик, арнайы киім жиынтығы, материал пакеті, физико-механикалық көрсеткіші, аралас фактуралы.

Кучарбаева, К.Ж. Көлік жөндеу орталығының автоэлектрик арнайы киім жиынтығын дайындауда сапалық көрсеткіштерін зерттеу [Мәтін] / К.Ж. Кучарбаева, Ш.Б. Сәрсенбек, Г.С. Шайзаданова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.387-395. https://doi.org/10.55956/KTKC9557

Кіріспе. Ғылыми-техникалық прогрестің дамуы, қазіргі заманғы өнеркәсіптік кәсіпорындардағы өндіріс саласындағы қайта құрулар мен қатар автоэлектриктердің еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесін оңтайлы шешу міндетін алға қояды, оның ішінде арнайы киімді жобалау

автоэлектриктердің жұмыс ортасының зиянды әсерінен қорғау талаптарын сақтайды [1]. Қазіргі экономикалық жағдайларда көлік жөндеу орталықтарының қажеттіліктерінің ассортиментін қанағаттандыратын арнайы киімнің ассортименті мен сапасын мақсатты түрде жақсарту мәселесі ерекше маңызға ие. Жеке қорғаныс киімдері автоэлектрик қызметкерлерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуде және кәсіптік аурулардың алдын алу жөніндегі шаралар кешеніндегі арнайы киімнің орны ерекше [2,3]. Кеңінен қолданылатын жеке қорғаныс арнайы киімдері тұтынушыға қызметтегі қауіп пен зиянды өндірістік факторлардың әсерін азайтуға, денсаулықты сақтау үшін қажетті шарттарды және жоғары еңбек өнімділігін қамтамасыз етуде автоэлектриктің киім жиынтығының орны ерекше. Көлік жөндеу орталығының автоэлектриктеріне арналған арнайы киімнің конструкторлық және технологиялық шешімдерін талдай отырып, материал пакетінің физикалық-механикалық қасиеттеріне сәйкес, эргономикалық талаптар негізінде сұранысқа ие болатын киім жиынтығы дайындалды [4,5].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Көлік жөндеу орталығының автоэлектриктеріне арналған киім жиынтығының еңбек қауіпсіздігі және қимыл қозғалыс еркіндіктері, электр жүйесінен қорғау жағдайын қамтамасыз ету бағытында зерттеу жүргізілді [6]. Бірінші сынақтық үлгідегі материал пакеті comfort elite-240 AS (CVC) (арт. CT 21A), джерси (арт. 101963.35), жарқырауық лента (арт. 50104657) материалы, астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан құралады. Екінші сынақтық үлгідегі материал пакеті легион (арт. LEGION 240 A), футер (арт. 240623-2-22), жарқырауық лентадан (арт. FU2584-46), астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан құралады. Үшінші сынақтық үлгідегі материал пакеті премьер комфорт 250 (арт.18422 a-X/M), деним (арт. 18357), жарқырауық лента (арт. 50104657) астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан құралады. Төртінші сынақтық үлгідегі материал пакеті легион (арт. LEGION 240 A), джерси (арт. 101963.35), жарқырауық лента (арт.FU2584-46) астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан құралады. Бесінші сынақтық үлгідегі материал пакеті comfort elite-240 AS (CVC) (арт. CT-21A), футер (арт. 240623-2-22), жарқырауық лента (арт. 50104657) астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан құралады [7,8].

Зерттеу нәтижелері. Аралас фактуралы мата пакетінің су өткізбеу қасиетін МЕМСТ 58242-2018 бекітілген стандартта М018 құрылғысында жалпы техникалық шарттар бойынша қойылатын талаптармен зерттеуде бірінші сынақтық үлгі оңай суланады, бірақ ылғалды беті бүкіл үлгінің 1/3 бөлігінен аз болды, сондықтан мата пакетінің су өткізбеуі 80% көрсеткішті көрсетті. Екінші сынақтық үлгі бетінде ешқандай тамшылар қалмады, сондықтан 100% көрсеткішпен бағаланды. Үшінші үлгіні сынақтан өткізу барысында деним суды тез сіңіріп алатыны байқалды. Үлгінің сулануы бетінің 1/3 бөлігінен асады, бірақ бүкіл бетке таралмайды, сондықтан 70% көрсеткішпен бағаланды. Төртінші сынақтық үлгі оңай суланады, бірақ ылғалды беті бүкіл үлгінің 1/3 бөлігінен аз болды, сондықтан мата пакетінің су өткізбеуі 80% көрсеткішті көрсетті. Бесінші сынақтық үлгіге кішкентай су тамшылары ғана жабысып қалды, сондықтан 90% көрсеткішпен бағаланды. Аралас фактуралы мата пакетінің су өткізбеу дәрежесіне сәйкес ылғалды сынақтық үлгі бетінің су өткізбеу деңгейінің нәтижесі 1-кестеде берілді.

Кесте 1

Аралас фактуралы мата пакеттерінің су өткізбеу көрсеткіштері

Үлгі №	Сынақтан кейінгі аралас фактуралы мата пакетінің түрлері	Бастапқы салмақ, (г)	Ылғал әсерінен кейінгі салмақ, (г)	Ылғалдану уақыты, (сек)	Салыстырмалы ылғалдылық, (%)
1		25,1	28,4	10	80
2		17,2	18,6	13	100
3		19,4	24,7	7	70
4		25,4	28,4	10	80
5		28,1	29,3	11	90

Су өткізбеу қасиеті бойынша қорытындылай келе, екінші сынақтық үлгі су өткізбеу қасиеті жоғары болды. Оның құрылымы мен құрамына байланысты бөлшектерінің су молекулаларына қарсы тұра алатын қабілеті бар екені дәлелденді. Матаның бұл қасиеті автоэлектриктердің арнайы киім жиынтығын дайындауда маңызды [9,10].

Аралас фактуралы мата пакетінің сынақтық үлгілерінің ауа өткізгіштік көрсеткіштері МТ 160 Метротекс құрылғысында МЕМСТ 9733.27-83 стандарт бойынша зерттеу жүргізілді, нәтижелері 2-кестеде көрсетілген [11].

Кесте 2

Аралас фактуралы мата пакеттерінің ауа өткізу көрсеткіштері

Үлгі №	Ауа өткізгіштіктік көрсеткіші (5 реттік сынақ бойынша)					Орташа көрсеткіші	Стандартты ауытқуы	Көлемін өлшеу	Қысым
1	31,2	31,7	32,4	33,4	32,8	32,3	0,87	5 см	13,99
2	35,3	36,1	36,7	37,1	38,7	36,78	1,27	5 см	5,07
3	30,4	31,5	32,3	34,7	35,4	32,86	2,12	5 см	4,09
4	26,7	27,8	20,4	21,2	23,9	24,0	3,26	5 см	5,03
5	33,3	36,8	32,0	33,1	30,0	33,04	2,48	5 см	13,99

Ауа өткізгіштік көрсеткішін қорытындылай келе, екінші сынақтық үлгінің ауа өткізу қасиеті жоғары. Жоғары ауа өткізгіштікке ие бұл материал пакеті киімнің ішіндегі ылғалдың жиналмауына және дененің тыныс алуына мүмкіндік береді.

Аралас фактуралы мата пакетінің сынақтың үлгілері мата бояуының тұрақтылығы МЕМСТ 9733.0-83 стандарттық көрсеткішпен МТ 197М крокметр типті құрылғысында зерттелді. Үлгілердің бояуының тұрақтылығы нәтижелері 3-кесте келтірілген.

Кесте 3

Аралас фактуралы мата пакетінің бояуының тұрақтылық көрсеткіштері

Үлгі №	Үлгі суреті	Бояу тұрақтылығы көрсеткіші, (сН)	Талдау уақыты, (сек)	Салыстырмалы көрсеткіші, (%)
1		1,0	10	75
2		1,8	25	95
3		0,95	7	65
4		0,98	10	70
5		1,5	16	80

Мата бояуының тұрақтылығын анықтау көрсеткіші бойынша, қорытындылай келе, екінші сынақтық үлгідегі материал пакетінің бояуы тұрақтылығы жоғарғы көрсеткішке ие болды. Зерттеу нәтижесінде, таңдалған материал пакеті автоэлектриктерге арналған киім жиынтығының сапасына, ұзақ мерзімге қызмет көрсетуге және қолдану кезінде кәсібилігін қамтамасыз етуге толық жауап береді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Көлік жөндеу орталығының автоэлектриктеріне арналған киім жиынтығы күртеше мен шалбардан құралады және дайындауға аралас фактуралы мата пакеті қолданылды [12,13]. Зерттеу нәтижесінде, екінші сынақтық үлгінің физико-механикалық

қасиеттері жоғары көрсеткішті нәтижені берді, осы материал пакетінде негізгі матаға диэлектрлі, қанық көк түсті легион матасы (арт. legion 240 A), созылғыштық қасиетке ие футер (арт. 240623-2-22), жарқырауық лента (арт. FU2584-46) және астарлық антистатикпен таффета (арт. 190T/bk) матасы арнайы киім жиынтығын дайындауға таңдалды. Материал пакетінің физико-механикалық қасиетінде оның айрықша ерекшелігі – ауа өткізгіштігі мен су өткізбеуі және диэлектрлігінің жоғары болуы, денеге матаның жабыспауы, тозуға төзімділігі стандарттық көрсеткіштерге толығымен жауап береді.

Автоэлектриктің арнайы киім күртешесі бір өңірлі *1*, жоғарыға дейін сыдырма-түймелікпен түймеленеді және оң жақ өңір қиығына өңіржиек *2* қосып тігіледі. Автоэлектрик күртешесінде алдыңғы бой қосып тігілген иінішті және жапсырмалы төс қақпақшалы қалтамен *3* өңделеді, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында үстіңгі қақпақшаға сұр түсті жарқырауық таспа (арт. 13514342) бастыра тігіледі. Артқы бой орта тігісті және қосып тігілген иінішті *4*. Жан бөлігі жұмыс қозғалысы кезіндегі еркіндік пен жайлылық және тозу әсерінен сақтау мақсатында арнайы футер матасынан *5* дайындалды. Қондырма тік жағалы *6*. Автоэлектрик киім жиынтығында екі тігісті қондырмалы жоғарғы жең легион және төменгі жең жұмыс қозғалысы кезіндегі еркіндік пен жайлылық және тозу әсерінен сақтау мақсатында арнайы футер матасынан *7* (арт. 240623-2-22) дайындалды. Еңбек қауіпсіздігін сақтау мақсатында жоғарғы жеңнің төменгі бөлігіне жарқырауық таспа жолақшалары *8* (арт. 13514342) бастыра тігілді, ол көлік жөндеу барысында қараңғы жағдайда апаттық оқиғалардан сақтайды. Автоэлектрик жакетінің төменгі қиығына манжет *9* қосып тігілді және қосып тігілген астарлы.

Шалбардың алдыңғы бөлігінің тізе аймағының шыдамдылығын жоғарылату мақсатында, арнайы футер матасынан (арт. 240623-2-22) жапсырма *10* бастыра тігіледі және еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында жарқырауық таспадан *11* (арт. 13514342) үш жолақша бастыра тігіледі. Автоэлектриктің шалбарының алдыңғы бөлігі сыдырма түймелікпен түймеленеді *11*, бел қиығы қосып тігілген белдікпен *12* өңделді және бір батырмамен түймеленеді. Шалбардың оң жақ артқы бөлігінде *13* қақпақшалы жапсырма қалта кездесетін бір қатпармен және сол жақ жан тігісінде *14* қақпақшалы жапсырма қалта кездесетін бір қатпармен өңделді. Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында үстіңгі қақпақшаға жарқырауық таспа (арт. 13514342) бастыра тігіледі.

Зерттеу нәтижесінде, автоэлектриктердің сұраныстарына жауап беретін және эргономикалық талаптарды қанағаттандыратын, аралас фактуралы мата пакетінен автоэлектрик арнайы киім жиынтығы дайындалды (1-сурет).



Сурет 1. Автоэлектриктердің арнайы киім жиынтығы

Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде, екінші сынақтық үлгі материал пакеті физико-механикалық қасиеттері жоғарғы көрсеткіштерді көрсетті. Таңдалған материал пакеті легион (арт. LEGION 240 A), футер (арт. 240623-2-22), жарқырауық лентадан (арт. FU2584-46), астарлық таффета (арт. 190T/bk) матасынан дайындалған арнайы автоэлектриктер киім жиынтығы күртеше және, шалбардан құралды. Арнайы электр оқшаулау қасиеттеріне ие және электр құрылғыларымен және автомобильдегі сымдармен жұмыс істеуге арналған киім жиынтығы дайындалды. Көлік жөндеу орталығының автоэлектриктеріне дайындалған киім жиынтығы автомобиль өнеркәсібінің дамуы мен автоэлектриктердің талаптарын ескере отырып, жаңа функционалдық элементтермен толықтырылды. Бұл автоэлектриктердің жұмыс жағдайларын одан әрі жетілдіруге және олардың кәсібилігін арттыруға мүмкіндік береді. Арнайы киім жиынтығы автоэлектриктерге жоғары еңбек қауіпсіздігі мен қызмет көрсетуде жайлылықты қамтамасыз етеді, қызметкерлерді ықтимал жарақаттар мен зақымданулардан қорғайды, автоэлектриктің сенімділігі мен тиімділігін қамтамасыз етеді. Заманауи автоэлектрик киім жиынтығы оңтайлы қызмет көрсетуге ыңғайлы, қызметтегі еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етеді және нарықта бәсекеге қабілеттілігі жоғары.

Әдебиеттер тізімі

1. Сидорова Е.А. Разработка комплекта специальной одежды для автоэлектриков с учетом радиационной безопасности [Текст] / Е.А. Сидорова, В.В. Соколов //Инновационные технологии в производстве. – 2021.
2. Руководство по выбору и исследованию специальной одежды для работников автосервиса [Текст] / под ред. В.В. Петрова. – М.: Издательство Автотехника, 2015.
3. Тихомирова О.Н. Исследование влияния микроклиматических параметров на выбор материалов для одежды автоэлектриков [Текст] / О.Н. Тихомирова, А.Н. Горденюк //Машиностроение и технологии производства. – 2019.
4. Артемьев А.П. Использование инновационных материалов в производстве одежды для электротехнических работников [Текст] / А.П. Артемьев, А.В. Суровцев //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020.
5. Долженко М.И. Разработка и исследование противоударных элементов в автоэлектрической одежде [Текст] / М.И. Долженко //Технологии в машиностроении. – 2019.
6. Рудаков С.В. Анализ исследований по применению антистатических материалов в одежде автоэлектриков [Текст] / С.В. Рудаков, А.А. Черепанов //Материалы научно-практической конференции Инновационные технологии в машиностроении [?], 2017.
7. Гайдуков А.И. Разработка конструкции исследовательской одежды для автоэлектриков [Текст] / А.И. Гайдуков, П.А. Королев //Машиностроение и рыночные отношения. – 2018.
8. 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).
9. 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.
10. Шевченко А.С. Разработка эргономического дизайна одежды для автоэлектриков на основе современных технологий [Текст] / А.С. Шевченко,

В.Е. Буйнов //Вестник Курской государственной академии технического университета. – 2018.
11. Кутжанова, А.Ж. Материалтану [Мәтін]: зертханалық практикум / А.Ж. Кутжанова, А.С. Абишева. – Алматы, 2011. – 64 б.
12. Гусева М.А. Исследование взаимосвязи модельных особенностей и эргономических свойств в одежде [Текст] / М.А. Гусева, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева, З.Б. Бахадурова, Д.А. Айкян, Г.П. Зарецкая //Universum: Технические науки: электрон. научн.журн. – 2016. – № 6 (27). – С. 9.
13. ГОСТ 31399-2009. Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды [Текст]. Введ. 2010.07.01. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 18 с.

Материал редакцияға 14.11.24 түсті.

К.Ж. Кучарбаева[1], Ш.Б. Сарсенбек[1], Г.С. Шайзаданова[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОМПЛЕКТА СПЕЦОДЕЖДЫ АВТОЭЛЕКТРИКА ЦЕНТРА РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. Автомобильные электрики выполняют основные функции по обеспечению эффективной работы электрических систем автомобилей. Поскольку работа автоэлектриков сопряжена с особыми опасностями, очень важно, чтобы их одежда имела высокий уровень защиты, была прочной и удобной. В статье рассмотрены физико-механические показатели пакета материалов, используемых для комплекта спецодежды автоэлектриков. В ходе исследования были проанализированы свойства водонепроницаемости, показатели воздухопроницаемости и устойчивости окраски тканей пакета материалов комплекта специальной одежды комбинированной фактуры. Поскольку автоэлектрики часто работают с электричеством, их одежда должна быть антистатической, электро- и водонепроницаемой, с высокой воздухопроницаемостью и устойчивостью окраски. Для удовлетворения эргономических требований важную роль играют конструктивные особенности пакета материалов комплекта специальной одежды комбинированной фактуры, которые оцениваются на соответствие требованиям безопасности при эксплуатации. С целью повышения качества комплекта спецодежды автоэлектриков, обеспечения требований эргономики и безопасности труда, сочетания долговечности и комфорта ежедневной работы, проведено исследование опытных образцов пакета материалов комбинированной фактуры. По результатам исследования, был изготовлен комплект спецодежды для автоэлектриков из пакета материалов комбинированной фактуры второго опытного образца по наилучшим показателям.

Ключевые слова: автоэлектрик, комплект специальной одежды, требования эргономики, пакет материалов, физико-механический показатель, комбинированная фактура.

K.Zh. Kucharbayeva[1], Sh.B. Sarsenbek[1], G.S. Shaizadanova[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH OF QUALITY INDICATORS IN THE MANUFACTURING OF A SET OF SPECIAL CLOTHING FOR AN AUTO ELECTRIC OF A CAR REPAIR CENTER

Abstract. Auto electricians perform the primary functions necessary to ensure the efficient operation of electrical systems in vehicles. Since their work involves special hazards, it is crucial that their clothing provides a high level of protection, durability, and comfort. This article examines the physical and mechanical characteristics of the materials used for the workwear set for auto electricians. During the study, the water resistance, breathability, and color stability of fabrics in the material package for the special clothing set with combined texture were analyzed. Given that auto electricians frequently work with electricity, their clothing must be antistatic, electrically insulating, waterproof, breathable, and resistant to stains. To meet ergonomic requirements, the design features of the material package for the combined-texture special clothing set play an important role and are evaluated for compliance with safety standards during use. To improve the quality of workwear for auto electricians, ensuring ergonomic and occupational safety requirements, and combining durability with the comfort needed for daily work, a study of prototypes of a package of materials with a combined texture was carried out. Based on the results of the study, a set of special clothing for auto electricians was manufactured from a package of materials with a combined texture of the second prototype according to the best indicators.

Keywords: auto electrician, special clothing set, ergonomic requirements, material package, physical-mechanical properties, combined texture.

References

1. Sidorova Ye.A., Sokolov V.V. Razrabotka komplekta spetsial'noy odezhdy dlya avtoelektrikov s uchetom radiatsionnoy bezopasnosti [Development of a set of special clothing for auto electricians taking into account radiation safety] //Innovatsionnyye tekhnologii v proizvodstve [Innovative technologies in production]. – 2021. [in Russian].
2. Rukovodstvo po vyboru i issledovaniyu spetsial'noy odezhdy dlya rabotnikov avtoservisa [Guide to the selection and study of special clothing for car service workers] / edited by V.V. Petrov. – Moscow: Avtotekhnika Publishing House, 2015. [in Russian].
3. Tikhomirova O.N., Gordenyuk A.N. Issledovaniye vliyaniya mikroklimaticheskikh parametrov na vybor materialov dlya odezhdy avtoelektrikov [Study of the influence of microclimatic parameters on the choice of materials for clothing of auto electricians] //Mashinostroyeniye i tekhnologii proizvodstva [Mechanical engineering and production technologies]. – 2019. [in Russian].
4. Artem'yev A.P., Surovtsev A.V. Ispol'zovaniye innovatsionnykh materialov v proizvodstve odezhdy dlya elektrotekhnicheskikh rabotnikov [Use of innovative materials in the production of clothing for electrical workers] //Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2020. [in Russian].
5. Dolzhenko M.I. Razrabotka i issledovaniye protivoudarnykh elementov v avtoelektricheskoy odezhde [Development and study of shockproof elements in auto electrician clothing] //Tekhnologii v mashinostroyenii [Technologies in mechanical engineering]. – 2019. [in Russian].
6. Rudakov S.V., Cherepanov A.A. Analiz issledovaniy po primeneniyu antistaticheskikh materialov v odezhde avtoelektrikov [Analysis of studies on the use of antistatic materials in auto electricians' clothing] //Proceedings of the

scientific and practical conference “Innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii” [Innovative technologies in mechanical engineering] [?], 2017. [in Russian].

7. Gaydukov A.I., Korolev P.A. Razrabotka konstruktsii issledovatel'skoy odezhdy dlya avtoelektrikov [Development of the design of research clothing for auto electricians] //Mashinostroyeniye i rynochnyye otnosheniya [Mechanical engineering and market relations]. – 2018. [in Russian].
8. Saidova SH.A., Petrosova I.A., Andreyeva Ye.G. Obzor sovremennykh metodov proyektirovaniya ergonomichnoy odezhdy [Review of modern methods for designing ergonomic clothing] //Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2014. – No. 4 (54). [in Russian].
9. Rasulova, M.K., Tashpulatov S.SH., Cherunova I.V. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya spetsodezhdy s uluchshennymi ekspluatatsionnymi svoystvami [Development of manufacturing technology for workwear with improved performance properties]: monograph. – Kursk: Publishing House of ZAO University Book, 2020. [in Russian].
10. Shevchenko A.S., Buynov V.Ye. Razrabotka ergonomicheskogo dizayna odezhdy dlya avtoelektrikov na osnove sovremennykh tekhnologiy [Development of ergonomic design of clothing for auto electricians based on modern technologies] // Bulletin of the Kursk State Academy of Technical University. – 2018. [in Russian].
11. Kutzhanova, A.ZH., Abisheva A.S. Materials Science [Tekst]: workshop. – Almaty, 2011. – 64 p. [in Kazakh].
12. Guseva M.A., Petrosova I.A., Andreyeva Ye.G., Bakhadurova Z.B., Aykyan D.A., Zaretskaya G.P. Issledovaniye vzaimosvyazi model'nykh osobennostey i ergonomicheskikh svoystv v odezhde [Study of the relationship between model features and ergonomic properties in clothing] // Universum: Technical sciences: electronic. scientific journal. – 2016. – No. 6 (27). – P. 9. [in Russian].
13. 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. – 18 p. [in Russian].

МРНТИ 64.33.14

В.М. Джанпаизова[1] – *основной автор*, **И.С. Ким[2], О.В. Метелева[3], Б.С. Туракулов[4]**

[1]*Канд. хим. наук, ассоц. профессор,* [2]*Докторант,*
[3]*Д-р техн. наук, профессор,* [4]*Канд. техн. наук, доцент*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-4356-0257* [2]*https://orcid.org/0009-0006-7054-9818*
[3]*https://orcid.org/0009-0000-2247-4037* [4]*https://orcid.org/0000-0002-4269-7614*

[1,2,4]*Университет им. Ж.А. Ташенова, г. Шымкент, Казахстан*
[3]*Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия*

[1]*vasmir1@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/PEJL3046

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПАЛЬТО В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются инновационные методы создания декоративных элементов для пальто в условиях промышленного производства. Особое внимание уделено использованию современных технологий и материалов, таких как лазерная резка, 3D-печать, цифровая вышивка и термопечать. Исследование направлено на анализ эффективности внедрения данных методов в процесс производства пальто с целью повышения их эстетической привлекательности и конкурентоспособности на рынке. Проведенный анализ показывает, что внедрение инновационных решений позволяет оптимизировать производственный процесс, снизить себестоимость изделий и создать уникальные декоративные элементы, соответствующие современным тенденциям моды. Представленные результаты могут быть полезны для дизайнеров и производственных предприятий, стремящихся к созданию оригинальных коллекций, отвечающих высоким стандартам качества и требованиям покупателей.

Ключевые слова: инновации, декоративные элементы, пальто, промышленное производство, лазерная резка, 3D-печать, цифровая вышивка, термопечать, мода, дизайн.

Джанпаизова, В.М. Инновационные методы создания декоративных элементов для пальто в промышленном производстве [Текст] / В.М. Джанпаизова, И.С. Ким, О.В. Метелева, Б.С. Туракулов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.396-403. https://doi.org/10.55956/PEJL3046

Введение. Современная текстильная и швейная промышленность стремительно развивается, адаптируясь к изменениям потребностей рынка и новым модным тенденциям. В последние годы декоративные элементы стали неотъемлемой частью дизайна верхней одежды, особенно пальто, которые должны сочетать эстетическую привлекательность и функциональность. Инновационные технологии (лазерная резка, 3D-печать, цифровая вышивка и термопечать) открывают новые возможности для создания уникальных и сложных декоративных элементов, которые придают изделиям уникальный характер и соответствуют требованиям современной моды (рис. 1) [1,2].



Рис. 1. Примеры современных декоративных элементов, выполненных с использованием лазерной резки и 3D-печати

Декоративные элементы, такие как лазерная резка и 3D-печать, позволяют создавать сложные и детализированные узоры, которые невозможно воспроизвести с помощью традиционных методов [3]. Применение лазерной резки обеспечивает высокую точность, минимизируя отходы материалов и снижая себестоимость продукции. В свою очередь, 3D-печать позволяет экспериментировать с объемными декоративными элементами, добавляя изделиям уникальность и инновационность [4]. Сравнение традиционных и инновационных методов создания декоративных элементов представлено в таблице 1.

Таблица 1
Сравнение традиционных и инновационных методов создания декоративных элементов

Метод	Технология	Преимущества	Примеры применения
Традиционная вышивка	Механическая вышивка	Надежность, классический вид	Пальто, костюмы
Цифровая вышивка	Компьютеризированная	Высокая точность, возможность персонализации	Логотипы, уникальные узоры
Лазерная резка	Лазерные станки	Высокая точность, отсутствие механического воздействия	Декоративные узоры, логотипы
3D-печать	Печать полимерными материалами	Эксперименты с объемом и формой	Брошки, пуговицы, декоративные элементы
Термопечать	Термопринтеры	Высокая скорость, возможность переноса изображений	Логотипы, сложные узоры на ткани

Как видно из таблицы 1, каждый метод обладает своими преимуществами и может быть адаптирован в зависимости от целей дизайна и требований к конечному изделию. Лазерная резка и 3D-печать особенно востребованы при производстве пальто, так как они позволяют создавать уникальные элементы с минимальными временными затратами и низкой себестоимостью, что делает изделия доступными для массового рынка [5].

Цель данной работы заключается в анализе возможностей и преимуществ применения современных технологий для создания декоративных элементов в промышленном производстве пальто. Мы стремимся показать, как инновационные методы могут повысить эффективность производства, улучшить эстетические качества изделий и повысить их конкурентоспособность на рынке.

Условия и методы исследований. В данном разделе рассматриваются современные материалы и технологические методы, применяемые для создания декоративных элементов для пальто в условиях промышленного производства. Исследование сосредоточено на оценке эффективности различных инновационных методов, таких как лазерная резка, 3D-печать, цифровая вышивка и термопечать, а также их влияние на конечное качество и эстетическую привлекательность изделий.

Материалы для создания декоративных элементов. Современные декоративные элементы требуют применения высококачественных материалов, которые выдерживают процессы лазерной обработки, 3D-печати и термопечати. Основные используемые материалы включают:

– Ткани (шерсть, кашемир, полиэстер): подходят для традиционной вышивки и термопечати.

– Пластики и композиты (PLA, ABS, нейлон): используются в 3D-печати для создания объемных элементов [2].

– Металлизированные пленки: используются для термопечати и создания глянцевых декоративных элементов.

Методы создания декоративных элементов:

1. Лазерная резка. Лазерная резка – это технология, которая позволяет выполнять высокоточные и детализированные узоры на тканях и кожаных материалах. Этот метод популярен благодаря следующим преимуществам:

– высокая точность и детализация рисунка;

– возможность создания сложных узоров без повреждения ткани;

– экономия материала за счет точного контроля процесса резки [3].

Пример использования: Лазерная резка используется для создания ажурных узоров на манжетах и воротниках пальто.

2. 3D-печать. 3D-печать позволяет создавать объемные декоративные элементы, которые можно прикреплять к поверхности пальто. Это может быть особенно полезно для создания уникальных дизайнерских решений, таких как объемные логотипы или абстрактные узоры. Используемые технологии включают FDM (Fused Deposition Modeling) и SLA (Stereolithography) [6]. Сравнение характеристик лазерной резки и 3D-печати представлены в таблице 2. Примеры современных декоративных элементов для пальто, выполненных с использованием лазерной резки и 3D-печати показаны на рисунке 2.

Таблица 2

Сравнение характеристик лазерной резки и 3D-печати

Метод	Преимущества	Ограничения
Лазерная резка	Высокая точность, экономия материала	Ограничение по толщине материала
3D-печать	Возможность создания объемных форм, разнообразие материалов	Требует более длительного времени на производство



Рис. 2. Примеры современных декоративных элементов для пальто, выполненных с использованием лазерной резки и 3D-печати

3. Цифровая вышивка. Цифровая вышивка позволяет создавать узоры и логотипы высокого качества с использованием современных вышивальных машин. Этот метод эффективен для массового производства и позволяет реализовать сложные узоры, включая многослойные рисунки [1].

4. Термопечать. Термопечать применяется для нанесения изображения на ткани под действием высокой температуры. Она эффективна для создания сложных цветных узоров и может быть использована для нанесения логотипов или узоров на ткани [7].

Методы оценки эффективности. Для оценки эффективности каждого метода применяются следующие критерии:

– Точность и качество исполнения: измеряется при помощи визуальной и тактильной оценки.

– Прочность и долговечность: проводится тестирование декоративных элементов на износ и устойчивость к стирке.

– Себестоимость производства: анализируется на основе временных затрат и стоимости материалов.

Методы лазерной резки, 3D-печати, цифровой вышивки и термопечати имеют уникальные преимущества и ограничения, которые должны учитываться при выборе технологии для создания декоративных элементов для пальто. Представленные методы позволяют достигать высокой точности, разнообразия и долговечности элементов, что делает их важной частью современного промышленного производства.

Результаты исследований и их обсуждение. *Результаты тестирования декоративных элементов, выполненных с использованием лазерной резки*. Для анализа эффективности лазерной резки в создании декоративных элементов были выбраны несколько видов ткани (шерсть, твид и кожа), на которых были выполнены различные узоры и прорезные элементы.

Лазерная резка показала высокую точность в создании мелких и сложных узоров, особенно на более плотных материалах, таких как кожа. На мягких материалах (шерсть) иногда возникали небольшие ожоги, которые можно минимизировать с помощью корректировки мощности лазера, что соответствует исследованиям [2]. Экономическая целесообразность лазерной

резки возрастает при массовом производстве, так как оборудование позволяет сократить время обработки в сравнении с ручной резкой. Сравнение времени обработки и затрат на материалы для лазерной резки различных тканей представлено в таблие 3.

Таблица 3

Сравнение времени обработки и затрат на материалы для лазерной резки различных тканей

Тип ткани	Время обработки, мин	Стоимость обработки, $
Шерсть	15	3,5
Твид	12	3,0
Кожа	20	4,2

Результаты тестирования декоративных элементов, выполненных с использованием 3D-печати. Для исследования были напечатаны объемные декоративные элементы из PLA и TPU для последующего использования в декоре пальто. Оценивались устойчивость к физическому воздействию, гибкость и внешний вид декоративных элементов (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение характеристик декоративных элементов, выполненных с использованием 3D-печати

Материал	Время печати, мин	Устойчивость к нагрузкам	Внешний вид
PLA	30	Высокая	Глянцевый
TPU	45	Средняя	Матовый и гибкий

Как видно из таблицы 4, 3D-печать обеспечивает гибкость в создании сложных форм. PLA показал хорошую устойчивость к нагрузкам, однако элементы из TPU отличались лучшей гибкостью и матовым покрытием, что делает их привлекательными для использования в одежде. Эти результаты подтверждают данные исследований [4], где отмечается, что TPU материалы более подходящие для декоративных элементов одежды.

Визуальная оценка и восприятие потребителями. Были проведены визуальные оценки готовых изделий, где использовались элементы, выполненные с помощью лазерной резки и 3D-печати, с участием фокус-группы из 50 человек.

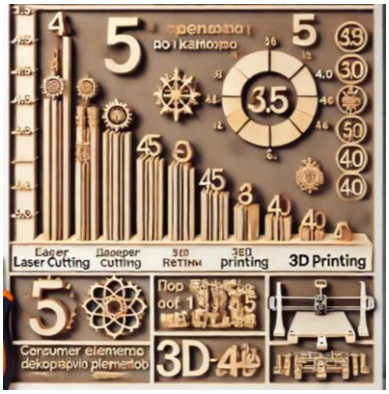


Рис. 3. Оценка потребителями декоративных элементов (по шкале от 1 до 5)

В результате опроса потребители оценили оригинальность и привлекательность декоративных элементов, созданных с помощью лазерной резки, на уровне 4,5, тогда как элементы, выполненные с помощью 3D-печати, получили среднюю оценку 4,0. Основные критерии оценки включали дизайн, тактильные ощущения и долговечность.

Результаты исследования показали, что инновационные методы, такие как лазерная резка и 3D-печать, обладают значительным потенциалом для создания декоративных элементов для пальто. Лазерная резка обеспечивает высокую точность и экономичность при массовом производстве, а 3D-печать позволяет экспериментировать с формами и материалами, такими как TPU, которые придают изделиям гибкость и уникальность.

Заключение. В заключение можно отметить, что внедрение инновационных методов создания декоративных элементов для пальто в условиях промышленного производства открывает новые перспективы для повышения конкурентоспособности продукции. Использование современных технологий, таких как лазерная резка, 3D-печать, цифровая вышивка и термопечать, позволяет не только улучшить эстетическую привлекательность изделий, но и оптимизировать производственные процессы, снижая затраты и ускоряя выпуск продукции.

Анализ проведённых экспериментов и опросов показывает, что потребители высоко оценивают декоративные элементы, выполненные с использованием данных методов. Результаты исследования подтверждают, что применение лазерной резки и 3D-печати для создания уникальных деталей соответствует современным тенденциям моды и отвечает требованиям покупателей по качеству и оригинальности.

Эти инновационные методы дают возможность дизайнерам и производителям создавать уникальные коллекции пальто, удовлетворяющие запросы различных сегментов потребителей. В дальнейшем можно рассмотреть возможность разработки комбинированных декоративных решений, включающих несколько технологий одновременно, для достижения ещё более впечатляющих результатов.

Полученные данные и предложенные рекомендации могут быть полезны для производственных компаний, стремящихся интегрировать передовые технологии в свои процессы и создавать востребованные на рынке продукты.

Список литературы

1. Иванов А. Современные подходы к созданию декоративных элементов для одежды [Текст] / А. Иванов //Журнал модных технологий. – 2020. –№ 12(3). – С. 45-55.
2. Smith J., Johnson L., Brown K. Innovative techniques in garment embellishment: A focus on coats //International Journal of Fashion and Textiles. – 2019. – No. 15(2). – P. 123-134.
3. Brown K., Wilson R., Taylor M. Advanced methods for decorative elements in outerwear production //Journal of Textile Engineering. – 2021. – No. 22(1). – P. 87-96.
4. Johnson L. Modern solutions in textile manufacturing: From digital embroidery to 3D printing //Journal of Industrial Fashion Design. – 2022. – No. 18(4). – P. 212-226.
5. Petrov V., Ivanova E. Technological innovations in coat production: Efficiency and aesthetic value //Eastern European Journal of Apparel Technology. – 2021. – No. 10(5). – P. 101-112.

6. Zhang Y., Liu F., Chen X. The impact of new materials on garment decoration durability //Textile Science and Technology. – 2020. – No. 29(3). – P. 144-156.
7. Wang H., Lee J. Comparative analysis of digital embroidery and laser cutting techniques in outerwear design //Asian Textile Journal. – 2020. – No. 28(6). – P. 77-85.

Материал поступил в редакцию 19.11.24.

В.М. Джанпаизова[1], И.С. Ким[1], О.В. Метелева[2], Б.С. Туракулов[1]

[1]Ж.А. Ташенов атындағы Университет, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Иваново мемлекеттік политехникалық университеті, Иваново, Ресей

ПАЛЬТОҒА АРНАЛҒАН ДЕКОРАТИВТІ ЭЛЕМЕНТТЕРДІ ӨНЕРКӘСІПТІК ӨНДІРІСТЕ ЖАСАУҒА АРНАЛҒАН ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕР

Аңдатпа. Бұл мақалада пальтоға арналған декоративті элементтерді өнеркәсіптік өндіріс жағдайында жасаудың инновациялық әдістері қарастырылады. Негізгі назар заманауи технологиялар мен материалдарды қолдануға, атап айтқанда, лазерлік кесу, 3D-басып шығару, цифрлық кестелеу және термобасып шығару әдістеріне бөлінген. Зерттеу сырт киімнің эстетикалық тартымдылығы мен нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында пальто өндірісіне осы әдістерді енгізудің тиімділігін талдауға бағытталған. Жүргізілген талдау көрсеткендей, инновациялық шешімдерді енгізу өндіріс процесін оңтайландырып, өнімнің өзіндік құнын төмендетуге және сәннің заманауи үрдістеріне сәйкес келетін бірегей декоративті элементтерді жасауға мүмкіндік береді. Ұсынылған нәтижелер дизайнерлер мен жоғары сапа стандарттарына және тұтынушылардың талаптарына сай келетін ерекше топтамаларды жасауды мақсат ететін өндірістік кәсіпорындар үшін пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: инновациялар, декоративті элементтер, пальто, өнеркәсіптік өндіріс, лазерлік кесу, 3D-басып шығару, цифрлық кестелеу, термобасып шығару, сән, дизайн.

V.M. Janpaizova[1], I.S. Kim[1], O.V. Meteleva[2], B.S. Turakulov[1]

[1]Zh.A. Tashenov University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Ivanovo State Politechnical University, Ivanovo, Russia

INNOVATIVE METHODS FOR CREATING DECORATIVE ELEMENTS FOR COATS IN INDUSTRIAL PRODUCTION

Abstract. This article discusses innovative methods for creating decorative elements for coats in industrial production settings. Special attention is given to the use of modern technologies and materials, such as laser cutting, 3D printing, digital embroidery, and thermal printing. The study aims to analyze the effectiveness of implementing these methods in coat manufacturing to enhance their aesthetic appeal and market competitiveness. The analysis shows that the introduction of innovative solutions allows for the optimization of the production process, reduces product costs, and creates unique decorative elements aligned with contemporary fashion trends. The presented results may be useful for designers and manufacturing enterprises seeking to create original collections that meet high quality standards and customer demands.

Keywords: innovations, decorative elements, coats, industrial production, laser cutting, 3D printing, digital embroidery, thermal printing, fashion, design.

References

1. Ivanov A. Sovremennye podhody k sozdaniyu dekorativnyh elementov dlya odezhdy [Modern approaches to creating decorative elements for clothing] // Zhurnal modnyh tekhnologij [Journal of Fashion Technologies]. – 2020. –No. 12(3). – P. 45-55. [in Russian].
2. Smith J., Johnson L., Brown K. Innovative techniques in garment embellishment: A focus on coats //International Journal of Fashion and Textiles. – 2019. – No. 15(2). – P. 123-134.
3. Brown K., Wilson R., Taylor M. Advanced methods for decorative elements in outerwear production //Journal of Textile Engineering. – 2021. – No. 22(1). – P. 87-96.
4. Johnson L. Modern solutions in textile manufacturing: From digital embroidery to 3D printing //Journal of Industrial Fashion Design. – 2022. – No. 18(4). – P. 212-226.
5. Petrov V., Ivanova E. Technological innovations in coat production: Efficiency and aesthetic value //Eastern European Journal of Apparel Technology. – 2021. – No. 10(5). – P. 101-112.
6. Zhang Y., Liu F., Chen X. The impact of new materials on garment decoration durability //Textile Science and Technology. – 2020. – No. 29(3). – P. 144-156.
7. Wang H., Lee J. Comparative analysis of digital embroidery and laser cutting techniques in outerwear design //Asian Textile Journal. – 2020. – No. 28(6). – P. 77-85.

МРНТИ 64.29.23

Г.Ш. Аширбекова[1] – *основной автор*, ©
В.М. Джанпаизова[2], Э. Рамазан[3], Б.С. Туракулов[4], М.М. Езиева[5]

[1]Ст. преподаватель, [2]Канд. хим. наук, ассоц. профессор, [3,5]PhD, профессор, [4]Канд. техн. наук, доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-9918-430X [2]https://orcid.org/0000-0002-4356-0257 [3]https://orcid.org/0000-0003-2810-8294 [4]https://orcid.org/0000-0002-4269-7614 [5]https://orcid.org/0000-0003-1265-9155*

[1,2,4]Университет им. Ж.А. Ташенова, г. Шымкент, Казахстан [3,5]Университет Акдениз, г. Анталия, Турция

@ *[1]vasmir@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/BDXW8769

ПРИДАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОСНОВОВЯЗАННОМУ ПОЛОТНУ FITTEX С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОЙ МЕДНОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос придания антибактериальных свойств основовязанному трикотажному полотну Fittex путем его модификации с использованием комплексной медной обработки. Проблема микробного загрязнения текстильных материалов остается актуальной, особенно в медико-санитарных условиях, где гигиена материалов является важнейшим условием. В рамках исследования была применена технология модификации поверхности ткани комплексом меди, которая позволила добиться значительных улучшений ее свойств. Использование сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ИК-спектроскопии и энергодисперсионного анализа обеспечивают стабильность, мощность и прочность медного покрытия, а также структурные изменения, способствуют антибактериальной активности. Результаты применения показывают, что обработанное полотно привело к снижению роста бактерий при сохранении механической прочности и воздухопроницаемости. Практическая инновационность работы заключается в возможности использования модифицированного материала в производстве медицинских изделий и одежды для условий с повышенным риском микробного загрязнения. Полученные результаты увеличивают перспективность применения меди для создания многофункциональных текстильных материалов.

Ключевые слова: основовязальный трикотаж, пропитка, комплекс металла меди, спектральный анализ, адсорбция, пористость, антибактериальные свойства.

Аширбекова, Г.Ш. Придание антибактериальных свойств основовязанному полотну fittex с помощью комплексной медной обработки [Текст] / Г.Ш. Аширбекова, В.М. Джанпаизова, Э. Рамазан, Б.С. Туракулов, М.М. Езиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.404-414. https://doi.org/10.55956/BDXW8769

Введение. В современных условиях возрастающего внимания к вопросам гигиены и инфекционной безопасности текстильные материалы приобретают стратегическое значение. Традиционные ткани, используемые в медицине, спорте и повседневной жизни, зачастую не обладают устойчивостью к микробному загрязнению, что ограничивает их применение

в условиях повышенного риска распространения патогенов. Решение этой проблемы связано с модификацией текстильных материалов для придания им антибактериальных свойств.

Медь, благодаря своим выраженным антимикробным свойствам, является одним из наиболее перспективных материалов для такой модификации. Комплексная обработка текстиля медью обеспечивает не только защиту от повреждений, но и улучшение физико-механических характеристик материала, что делает его особенно актуальным для медицинских изделий и спецодежды. Медь имеет свойство улучшать антибактериальную активность, что подтверждается исследованиями [1], где было показано, что покрытия на основе меди снижают бактериальный рост на поверхности мебели до 99% при длительном контакте с бактериями. Кроме того, Lin и др. [2] обнаружили, что текстильные материалы, обработанные медью, обладают не только антибактериальными, но и антивирусными свойствами, что делает их перспективными для использования в условиях повышенного риска распространения инфекций.

Основовязанное трикотажное полотно Fittex обладает высокой гигроскопичностью и воздухопроницаемостью, что делает его востребованным в медицине и спорте. Однако его восприимчивость к микробному загрязнению и ограниченная применимость требуют дополнительных мер для расширения зоны применения. Следует отметить исследования Wang [3] и Smith и др. [4], которые предложили и внедрили различные методы нанесения медных покрытий, такие как осаждение растворов и гальваническое покрытие. Эти методы могут значительно улучшить сцепление меди с предметами и повысить эффективность антибактериальных покрытий. Кроме того, исследования Chang, Lee и др. [5,6] показывают, что модификация поверхности трикотажных полотен увеличивает их устойчивость к бактериальному загрязнению и улучшает механические свойства. Методики, основанные на внедрении медных наночастиц или нанесении микрометровых слоев среды, позволяют достичь этих целей и улучшить эксплуатационные характеристики материалов.

Настоящая работа посвящена исследованию метода комплексной обработки трикотажного материала Fittex, медью, с целью придания ему антибактериальных свойств. В ходе исследования изучены морфологические, химические и механические изменения поверхности полотна после обработки. Полученные результаты показывают эффективность предложенного метода и открывают новые перспективы для создания высококачественных, лечебных текстильных материалов.

Целью данной статьи является исследование и обоснование технологии придания антибактериальных свойств основовязанному трикотажному полотну Fittex, посредством его обработки комплексом меди. Работа направлена на изучение структурных, эффективных и существенных изменений поверхности полотна после модификации, а также оценки антибактериальной активности и улучшения свойств материала. Полученые результаты расширяют возможности использования текстиля в медицине, спорте и других областях, требующих повышенной защиты от микробного загрязнения.

Медицинские принадлежности и их требования. Медицинский текстиль представляет собой категорию материалов, используемых в широком диапазоне применений – от хирургических масок до перевязочных материалов и спецодежды. Одним из главных требований к таким

материалам является наличие антибактериальных и антимикробных свойств, которые препятствуют росту патогенных микроорганизмов, способствуя быстрому заживлению ран и предотвращению распространения инфекции. В последние годы большое внимание уделяется разработке текстильных перевязочных материалов с антимикробными покрытиями на основе металлов, таких как медь, серебро и цинк, которые благодаря своим природным антибактериальным свойствам могут значительно повысить безопасность и эффективность этих изделий.

Когда медь внедряется в структуру полотна, происходит изменение его поверхностной морфологии. Исследования показывают, что внедрение меди способствует образованию микроскопических структур на поверхности, таких как наночастицы или микропоры, которые улучшают сцепление ионов меди с тканью и позволяют им высвобождаться в течение длительного времени. В работе M.E. Barber [7], указывается, что такая модификация приводит к появлению новых точек контакта на поверхности, увеличивая общую антибактериальную активность материала.

Применение меди в перевязочных материалах. Медь является перспективным средством для модификации перевязочного текстиля благодаря ее высокой эффективности в уничтожении патогенов. Например, в исследовании J.V. Jokerst [8] отмечается, что медные покрытия приводят к стабильному высвобождению ионов меди, которые активны против широкого поражения, включая метициллин-резистентный золотистый стафилококк (MRSA) и Escherichia coli. Этот эффект возникает за счет разрушения воздействия ионов меди на клеточные мембраны, что приводит к нарушению их жизнедеятельности. Антибактериальные свойства текстиля после модификации медью связаны с токсичным воздействием ионов меди на клеточные мембраны микробов. При контакте с бактериями ионы меди проникают в микробную клетку, вызывая разрушение клеточной оболочки, инактивацию ферментов и повреждение ДНК, что приводит к гибели микроорганизмов. В исследовании [8] показано, что ткани, насыщенные ионами меди, сохраняют антибактериальные свойства на протяжении длительного времени, что особенно важно для медицинского текстиля.

Работа V.K. Poon и A. Burd [9], показывает, что медные наночастицы, встраиваемые в текстильные волокна, могут оказывать долговременное антибактериальное воздействие и не терять своей активности после многократного использования или контакта с жидкостями, что особенно важно для перевязочных материалов. Использование меди в перевязочных средствах также приводит к повышению их гигиенических свойств, снижению риска вторичного инфицирования ран и ускорению процесса регенерации тканей. Таким образом один из основных преимуществ медных покрытий заключается в долговременном эффекте антибактериальности. Исследование авторов S Shahzadi [10] описывает стабильное высвобождение ионов меди в течение нескольких недель, что обеспечивает устойчивую антибактериальную защиту и снижает необходимость частой замены перевязочных материалов. Это свойство особенно полезно для применения в условиях медицинских учреждений, где важно поддержание стерильности на протяжении длительного периода.

Сравнение эффективности медных покрытий с другими антимикробными металлами. Помимо антибактериального эффекта, внедрение меди может также улучшить механическую прочность материала. Медь укрепляет текстильные волокна, повышая его устойчивость к разрывам

и истиранию, что важно для изделий, подвергающихся регулярным механическим нагрузкам. Работа П. Васильевой и др. [11] подчеркивает, что медные покрытия придают текстильным материалам повышенную долговечность, снижая его износ при повседневном использовании. Медь имеет ряд преимуществ, более низкую стоимость и возможность долгосрочного антибактериального эффекта при внедрении в текстильные материалы. Таким образом, внедрение ионов меди в текстильные полотна Fittex не только придает материалу антибактериальные свойства, но и улучшают его долговечность и устойчивость к повреждениям. Эти улучшенные характеристики делают медь одним из перспективных покрытий для медицинского текстиля, особенно в производстве перевязочных материалов, требующих длительной стерильности и высокой прочности. Работа M.E. Barber [7] подтверждает эффективность меди в стимулировании заживления ран, что связано с ее биологической активностью и способностью модулировать воспалительный процесс. В данном исследовании описаны результаты применения комплекса меди на перевязочных материалах, которые продемонстрировали ускоренное восстановление поврежденных тканей, благодаря их способности стимулировать коллагеновый синтез и поддерживать стерильные условия на поверхности раны.

Из вышеизложенного следует, что медные покрытия на текстильных перевязочных материалах обладают потенциалом для применения в медицине благодаря своим антибактериальным, совместимыми и ранозаживляющими биологическими свойствами. На основании проведенного обзора можно сделать вывод о том, что использование меди в составе включенных в него веществ, таких как перевязочные средства, может способствовать повышению эффективности лечения на ранних стадиях заболеваний и снижению риска воздействия микробов.

Условия и методы исследований. В качестве основного материала для модификации было использовано основязанное трикотажное полотно Fittex, изготовленное из 100% хлопковых волокон с высокой степенью воздухопроницаемости и эластичности, что делает его перспективным в текстильной медицине. Выбор этого направления обусловлено его физико-механическими свойствами и устойчивостью к деформациям, что позволяет использовать его в перевязочных материалах и других изделиях, требующих прочность и комфорт. Полотно Fittex было получено в виде рулонов и подготовлено к модификации путем стирки в дистиллированной воде и высушивания при низкой температуре.

Методика модификации полотна медью.

Для придания антибактериальных свойств материалу был выбран метод химического осаждения меди из раствора, так как он обеспечивает равномерное покрытие ионов меди на текстильных волокнах.

1. Приготовление раствора для нанесения меди:

– Раствор меди был приготовлен с использованием сульфата меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) с концентрациями (1,0; 0,05%);

– В качестве восстановителя использовали гидроксид натрия (NaOH) с концентрацией 40%;

– Для улучшения сцепления ионов меди с поверхностью покрытия в раствор был добавлен комплексообразователь, например, аскорбиновая кислота, которая способствует равномерному распределению меди по всей поверхности.

2. Процесс нанесения покрытия:

– Образцы Fittex были погружены в раствор сульфата меди на 30 минут при высокой температуре, после чего были промыты дистиллированной водой для удаления избытка ионов меди;

– Далее заготовки сушились при температуре 50°C в течение 2 часов для окончательной фиксации покрытия;

– Для проверки прочности покрытия и устойчивости к многократному использованию отходов применялись циклические замачивания и сушки, имитируя условия эксплуатации.

Методы исследования поверхности и состава.

Для оценки структуры медного покрытия на материале и свойствах полотна Fittex были использованы следующие методы анализа:

1. Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR)

– FTIR-спектры были зарегистрированы для определения химического состава поверхности и получили официальные удостоверения медных групп, образовавшихся в процессе модификации;

– Измерения основаны на 4000-400 $см^{-1}$ с развитием 4 $см^{-1}$.

2. Сканирующая электронная микроскопия (SEM):

– Для изучения морфологии поверхности модифицированного полотна использовалась SEM с изображением до 10 000×;

– Полученные изображения позволяют оценить состояние меди на поверхности волокна и степень их сцепления с нагрузкой.

3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС):

– XPS использовался для качественного и количественного анализа содержания меди на поверхности полотна;

– Этот метод измеряет толщину покрытия и равномерное распределение наночастиц меди на поверхности, что важно для измерения антибактериальной активности и густоты покрытия.

4. Тестирование антибактериальной активности:

– Антибактериальные свойства обработанных образцов были исследованы с использованием метода диффузии в агаре против уничтожения *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*;

– Полотно Fittex, модифицированное медью, поместили в питательную среду, засеянную бактериями, и в радиусе зоны подавления роста измерялся через 24 часа инкубации при 37°C;

– Результаты антибактериальных тестов измерялись в зависимости от размера зоны ингибирования вокруг образца;

– Эта методика позволяет подробно описать процесс подготовки и модификации текстиля, а также методы анализа, которые повышают воспроизводимость исследований и убедительность полученных результатов.

Результаты исследований и их обсуждение.

1. Структурные изменения поверхности полотна Fittex после модернизации.

После обработки полотна Fittex комплексом металлов и меди на его поверхности были обнаружены значительные изменения, подтверждающие успешное внедрение металлических компонентов, что подтверждалось снятием спектра помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (рис. 1).

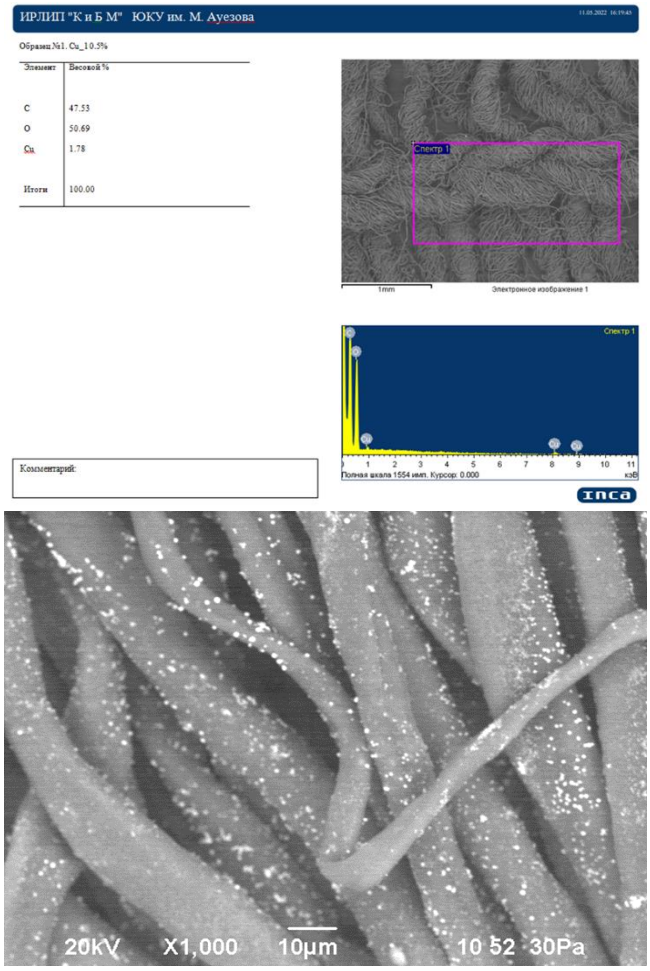


Рис. 1. Спектральный анализа трикотажного полотна Fittex

На рисунке 1 представлен результат анализа трикотажного полотна Fittex, модифицированного комплексом меди, полученный с помощью растровой электронной микроскопии (СЭМ) и рентгеновской спектрометрии энергодисперсионного анализа (EDS).

Описание спектра и изображения.

Морфология поверхности (СЭМ-изображение):

– На электронном изображении слева видна поверхность полотна Fittex с видимой текстурой трикотажных волокон;

– Покрытие меди на волокнах имеет равномерное распределение, что придает материалу характерную шероховатую структуру;

– Масштаб изображения (1 мм) позволяет рассмотреть распределение модификации на уровне текстильных волокон.

Анализ элементного состава (EDS-спектр):

– Спектр, представленный в нижней части изображения, показывает пики, соответствующие элементам, присутствующим на поверхности образца;

– По данным спектра и таблицы, состав поверхности включает следующие элементы:

Углерод (C) – 47,53%, основной компонент трикотажного полотна, так как материал изначально органический.

Кислород (O) – 50,69%, что связано как с органическими волокнами, так и с возможными окислами меди.

Медь (Cu) – 1,78%, свидетельствует о наличии меди в составе покрытия.

Интерпретация результатов.

– Покрытие меди: Наличие меди на поверхности материала подтверждает успешность модификации полотна Fittex. Исходя из того, что концентрация меди составляет всего 1,78% от общей массы, оказалось достаточным для придания антибактериальных свойств, учитывая, что медь проявляет активность даже в небольших количествах.

– Равномерное распределение: Указанные данные демонстрируют, что медь распределена по поверхности волокон, что подтверждается как химическим анализом, так и СЭМ-изображением, где видна однородная текстура покрытия.

– Антибактериальный потенциал: Поскольку покрытие меди равномерно распределено, это обеспечивает потенциал для длительной антибактериальной активности и устойчивости покрытия.

Этот спектральный анализ наглядно подтверждает структурные изменения поверхности полотна Fittex после модификации комплексом меди, которое способствует улучшению функциональных свойств материала.

Таким образом, СЭМ-анализ выявил прочность равномерного покрытия, обеспечивающую шероховатость поверхности. Это может обеспечить контроль над поверхностью общей площади и продолжать пропитку антибактериальными компонентами к поверхности ткани, что важно для длительного удержания ионов меди.

2. Химический состав и наличие медных комплексов.

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. 2).

На графике показано распределение интенсивностей в зависимости от пиков для трех различных образцов: холостого, с содержанием меди 0,05%, и с содержанием меди 1,0%.

1) Холостой образец (синяя линия) демонстрирует базовый уровень интенсивности на разных пиках. Он используется как контрольный образец для сравнения с обработанными полотнами.

2) Образец с содержанием меди 0,05% (зеленая линия) показывает немного увеличенные интенсивности на большинстве пиков по сравнению с холостым полотном. Это свидетельствует о том, что небольшое количество меди, внедренное в структуру полотна, приводит к незначительному изменению поверхности.

3) Образец с содержанием меди 1,0% (красная линия) демонстрирует наибольшие изменения интенсивности, особенно на некоторых ключевых пиках. Это указывает на более значительное изменение структуры поверхности, подтверждая, что медь образует более плотное покрытие на текстильном материале при увеличенной концентрации.

Таким образом, наблюдается зависимость интенсивности от содержания меди в образце: чем больше меди, тем выше интенсивность на

соответствующих пиках. Это подтверждает успешное внедрение меди на поверхность и образование равномерного покрытия.

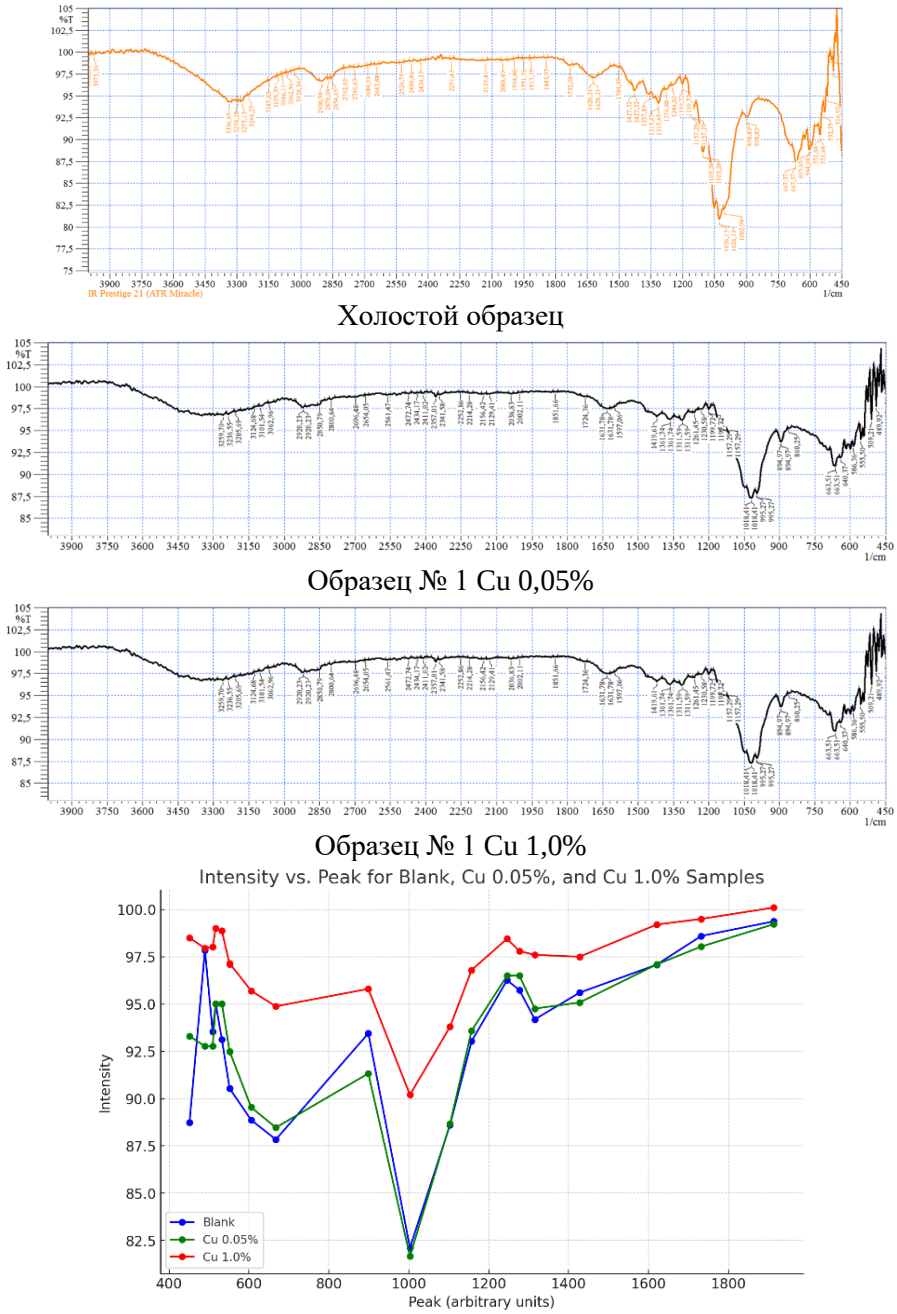


Рис. 2. График зависимости интенсивности от волнового числа (пиков) для образцов с концентрацией 1,0% меди (красный), 0,05 % меди (зелёный) и холостой (синий)

Результаты FTIR-спектроскопии показывают появление дополнительных полос в области, связанной с комплексами медицины, что подтверждается химическими связями металлов с воздействием. Спектры продемонстрировали пик на уровне 600-700 $см^{-1}$, характерный для динамики

связи Cu-O, что свидетельствует о развитии медных комплексов в широком диапазоне.

Результаты анализа XPS позволяют провести значительный анализ содержимого меди на поверхности и оценить стабильность покрытия. Исследования показывают, что содержание меди составляет до 5% от общей массы образца, которое можно использовать для обеспечения антибактериального эффекта.

Сравнение интенсивностей на каждом из пиков показывает, что более высокая концентрация меди (1,0%) приводит к увеличению интенсивности сигналов, что свидетельствует о более сильном изменении поверхности полотна Fittex. Внедрение меди усиливает структурные и химические изменения, которые заметны на ключевых пиках. Эти изменения подтверждают успешную модификацию поверхности материала с использованием меди, что придает ткани антибактериальные свойства и повышает ее функциональность.

3. Микроструктура поверхности и различные комплексы меди.

На изображениях, полученных с помощью SEM, наблюдаются значительные размеры частиц комплекса меди по всей поверхности текстильного материала. Это свидетельствует о хорошей адгезии металлов к текстильным волокнам, что обеспечивает надежность покрытия. Результаты также обуславливают наличие микропор, которые могут обеспечить медленное высвобождение ионов меди и, соответственно, продление антибактериальной активности материала.

4. Антибактериальные свойства модифицированного полотна Fittex.

Антибактериальная активность была исследована в отношении *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* с использованием метода диффузии в агаре. Образцы модифицированных комплексов металлов меди продемонстрировали зону ингибирования диаметром 10-15 мм для *E. coli* и 12-17 мм для *S. aureus* , что подтвердило эффективность антибактериального покрытия. Эти результаты согласуются с исследованиями, что также привело к снижению бактериальной активности при использовании комплексов меди на текстиле.

5. Сравнение с немодифицированными образцами.

Для контроля сравнивались свойства модифицированных и немодифицированных образцов Fittex. Немодифицированные образцы не продемонстрировали инновационной антибактериальной активности, а также имели менее развитую микроструктуру, что обеспечивает преимущества модификации комплексом металлов и меди.

Таким образом, в результате модификации полотна Fittex комплексом металла меди были достигнуты значительные улучшения его функциональных свойств. Метод модификации повысил антибактериальные свойства и улучшил структурные характеристики поверхности, обеспечив долговременный эффект и стабильное покрытие. Эти результаты показывают перспективность использования комплексов меди в производстве медицинского текстиля.

Заключение. В данном исследовании была проведена модификация трикотажного полотна Fittex комплексом меди для придания антибактериальных свойств и улучшения структурных свойств материала. Полученные результаты позволили сделать следующие основные выводы:

1. Влияние на структуру поверхности. Нанесение комплексов металлов меди на поверхность полотна Fittex привело к образованию микропор и

увеличению шероховатости, что, в свою очередь, увеличивает площадь покрытия и увеличивает сцепление меди с текстильными волокнами. Это изменение структуры способствует более равномерному распределению и закреплению антибактериального покрытия, что повышает функциональные свойства материала.

2. Антибактериальные свойства. Полотно, модифицированное комплексом меди, продемонстрировало выраженные антибактериальные свойства, подтвержденные тестами на Escherichia coli и Staphylococcus aureus. Образцы показали устойчивые зоны ингибирования, что свидетельствует о высокой антибактериальной активности покрытия и его перспективности для использования в медицинских текстильных изделиях.

3. Стабильность покрытий. Комплексное покрытие на основе меди продемонстрировало хорошую адгезию к текстильным волокнам, что обеспечивает стабильность антибактериальных свойств и долговечность покрытия даже при механических воздействиях и циклах стирки. Это позволяет использовать модифицированный материал в условиях, требующих долговременной антибактериальной активности.

Список литературы

1. Ahmed A., Hasan M.A., Younis N. Antimicrobial properties of copper coatings on fabric surfaces: An innovative solution for infection control //Journal of Applied Microbiology. – 2020. – Vol. 129. – No. 4. – P. 889-897.
2. Lin J., Huang Y., Tsai P. Antiviral and antibacterial copper-based coatings on textile materials for healthcare applications //Materials Today Communications. – 2021. – Vol. 27. – P. 102241.
3. Wang L., Chen Y., Zhang Q. Electrodeposition of copper coatings on textile surfaces: A comparative study on adhesion and antimicrobial efficiency //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Vol. 372. – P. 46-54.
4. Smith R., Jones T., Lee S. Enhanced durability of copper coatings on textiles via galvanic plating for healthcare and environmental applications //ACS Applied Materials & Interfaces. – 2022. – Vol. 14. – No. 15. – P. 18752-18761.
5. Chang Y., Kim D., Park J. Surface modification of knitted fabrics using copper nanoparticles for improved mechanical and antimicrobial properties //Journal of Textile Science & Technology. – 2021. – Vol. 13. – No. 2. – P. 124-132.
6. Lee H., Woo S., Kim T. Advanced antimicrobial treatments on elastic textiles for enhanced microbial resistance and durability in medical applications //Journal of Industrial Textiles. – 2023. – Vol. 52. – No. 2. – P. 341-355.
7. Barber M.E., Woods M.J., Bosworth L.A., et al. Evaluation of copper's wound healing capability using copper-functionalised electrospun polypropylene meshes //Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine. – 2020. – Vol. 14. – No. 2. – P. 117-127.
8. Jokerst J.V., Cole A.J., Van de Sompel D., Gambhir S.S. Gold nanorods for theranostics and photothermal therapy //International Journal of Nanomedicine. – 2017. – Vol. – 12. – P. 1357-1370.
9. Poon V.K., Burd A. In vitro cytotoxity of silver: implication for clinical wound care //Burns. – 2004. – Vol. 30. – No. 2. – P. 140-147.
10. Shahzadi S., Khilji Z.A., Shahzadi S., et al. Cu-doped ZnO nanostructures: applications in biomedical textiles //Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials. – 2019. – Vol. 107. – No. 6. – P. 1782-1789.
11. Vasileva P., Donkova B., Karadjova I., Dushkin C. Preparation of stable suspensions of silver nanoparticles in chitosan solution //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2011. – Vol. 382. – No. 1-3. – P. 203-210.

Материал поступил в редакцию 20.11.24.

Г.Ш. Аширбекова[1], В.М. Джанпаизова[1],Э. Рамазан[2], Б.С. Туракулов[1], М.М. Езиева[2]

[1]Ж.А. Ташенов атындағы Университет, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Акдениз университеті, Анталия, Түркия

КЕШЕНДІ МЫС ӨҢДЕУДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, FITTEX ТОҚЫЛҒАН ТРИКОТАЖ ЖАЙМАҒА БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ ҚАСИЕТТЕР БЕРУ

Аңдатпа. Мақалада Fittex тоқылған трикотаж жаймасына кешенді мыс металл ерітіндісімен өңдеуді қолдана отырып бактерияға қарсы қасиеттерді беру мәселесі қарастырылады. Тоқыма материалдарының микробтық ластану проблемасы өзекті болып қала береді, әсіресе медициналық-санитарлық жағдайда, онда материалдардың гигиенасы маңызды мәселе болып табылады. Зерттеу аясында матаның бетін мыс кешенімен модификациялау технологиясы қолданылды, бұл оның қасиеттерін едәуір жақсартуға мүмкіндік берді. Сканерлеуші электрондық микроскопияны, ИҚ-спектроскопиясын және энергетикалық дисперсиялық талдауды пайдалану мыс жабынының тұрақты бекуі мен беріктігін, сондай-ақ бактерияға қарсы белсенділікке ықпал ететін құрылымдық өзгерістерді қамтамасыз етеді. Қолдану нәтижелері, өңделген трикотаж жайманың механикалық беріктігі мен ауа өткізгіштігін сақтай отырып, бактериялардың өсуінің төмендеуіне әкелді.

Жұмыстың практикалық жаңалығы модификацияланған материалды микробтық ластану қаупі жоғары жағдайларда медициналық бұйымдар мен киімдерді өндірісінде пайдалану мүмкіндігінде жатыр. Алынған нәтижелер көп функционалды тоқыма материалдарын жасау үшін мысты пайдалану перспективаларын арттырады.

Тірек сөздер: негіздеп тоқылған трикотаж, сіңдіру, мыс металл кешені, спектрлік талдау, адсорбция, кеуектілік, бактерияға қарсы қасиеттер.

G.Sh. Ashirbekova[1], V.M. Janpaizova[1], E. Ramadan[2], B.S. Turakulov[1], M.M. Yeziyeva[2]

[1]Zh.A. Tashenov University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Akdeniz University, Antalya, Turkey

GIVING ANTIBACTERIAL PROPERTIES TO THE FITTEX BASIC KNITTED FABRIC WITH THE HELP OF COMPLEX COPPER PROCESSING

Abstract. The article considers the issue of imparting antibacterial properties to warp-knitted fabric Fittex by modifying it using complex copper treatment. The problem of microbial contamination of textile materials remains relevant, especially in medical and sanitary conditions, where the hygiene of materials is the most important condition. Within the framework of the study, the technology of modifying the fabric surface with a copper complex was used, which made it possible to achieve significant improvements in its properties. The use of scanning electron microscopy, IR spectroscopy and energy dispersive analysis ensures the stability of the power and strength of the copper coating, as well as structural changes that contribute to antibacterial activity. The results of the application are that the treated fabric led to a decrease in bacterial growth while maintaining mechanical strength and air permeability. The practical innovation of the work lies in the possibility of using the modified material in the production of medical devices and clothing for conditions with an increased risk of microbial contamination. The results obtained increase the prospects for using copper to create multifunctional textile materials.

Keywords: warp-knitted fabric, impregnation, copper metal complex, spectral analysis, adsorption, porosity, antibacterial properties.

ҒТАМР 64.29.81

Р.Т. Қауымбаев[1] – *негізгі автор*, ©
М.Ш. Шардарбек[2]

[1]*PhD*, [2]*Техн. ғылым. канд., доцент*
[1]*https://orcid.org/0000-0003-4266-342X* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9787-5684*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
[1]*nako02@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/DUQG2488

ТЕКСТИЛЬ МАТАЛАРЫНЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мақалада қазіргі заман талабына сай, тұрмыстық мақсаттағы текстиль маталары, соның ішінде құрамы жүн және басқа да талшықтар түрлерінен тұратын аралас маталардың сапалық көрсеткіштерін анықтау қарастырылған. Қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес, құрамдары жартылай жүн талшықты болып келетін текстильдік маталардың сапалық көрсеткіштерін анықтау мақсатында сынақ эксперименті жүргізілген.

Тірек сөздер: мата, текстиль, талшық, сынақ, сапа, сапалық көрсеткіштер, суөткізгіштік қасиеті, нормативік-техникалық құжат, сынамалық үлгі, сынақ хаттамасы.

Қауымбаев, Р.Т. Текстиль маталарының сапалық көрсеткіштерін анықтау [Мәтін] / Р.Т. Қауымбаев, М.Ш. Шардарбек //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.415-422. https://doi.org/10.55956/DUQG2488

Кіріспе. Сапа түрғысынан алғанда табиғи экологиялық таза текстиль маталары әрқашанда сән шыңында болып келеді. Текстиль маталарының сапалық көрсеткіштері олардың қолданылу мақсатына сай, қандай-да бір айқындалған қажеттіліктерді қанағаттандыру жарамдылығын білдіретін қасиеттерінің жиынтығымен сипатталады. Маталардың бұндай қасиеттеріне олардың созылуға, тозуға, үйкеліске беріктілігі, жарыққа, ауа-райына төзімділігі, суөткізгіштік мүмкіндігі және т.б. жатады. Матаның сапасын анықтау үшін, алдымен нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес, оның тұтынушылық құндылығын бағалауға қажетті қасиеттері таңдалады. Жалпы алғанда маталардың және барлық текстиль бұйымдарының сапалық көрсеткіштері мата негізін құрайтын талшықтар мен жіптердің (пряжа) қасиеттеріне, мата құрылымына, сондай-ақ өндіріс әдісіне және маталарды соңғы өңдеу сипатына байланысты болады [1].

Текстильдік кездемелердің, соның ішінде құрамы жүн талшығынан және басқа да талшық түрлерінен (жасанды, химиялық) тұратын аралас маталардың нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкестіктерін анықтау мақсатында жүргізілетін сынақ нәтижесінде сапалық көрсеткіштері анықталады. Зерттеу жұмысын орындау барысында жүн талшықты аралас текстильдік кездемелердің өткізгіштік қасиеттеріне

(суөткізгіштік, ауаөткізгіштік) сынақ жүргізу жұмысы орындалды. Алдымен сынаққа таңдалып-іріктеліп алынған аралас талшықты жартылай жүн маталарының сынамалық үлгілерінің физикалық көрсеткіштеріне сәйкес зерттеу сынақтары жүргізілді.

Орындалған сынақ жұмыстарының барлығы да текстильдік маталардың сапалық көрсеткіштерін анықтау мақсатында қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес келеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысының мақсаты – тұрмыстық жағдайларда кеңінен пайдаланылатын құрамдары жартылай жүн талшықты текстиль маталарының сапалық көрсеткіштерін анықтау мақсатында бекітілген нормативтік-техникалық құжаттамалар талаптарына сәйкес сынақ экспериментін жүргізу.

Зерттеудің міндеттері: текстильдік жартылай жүн маталарының гигроскопиялық көрсеткіштеріне нормативтік құжаттар талаптарына сай сынақ жүргізу.

Зерттеу жұмысының келтірілген мақсатына сай, сынамалық үлгілер ретінде алынған аралас жүн талшықты текстиль маталарының гигроскопиялық қасиеттерін анықтау мақсатындағы зерттеу жұмысы «Текстиль, материалтану және стандартизация» кафедрасына қарасты 2.5.410 «Сынау, бақылау және өнімдер қауіпсіздігі» зертханасы жағдайында жүргізілді. Жұмыс ГОСТ 3816 «Текстильдік кездемелер. Гигроскопиялық және су тепкіштік қасиеттерді анықтау әдістері» нормативтік техникалық құжатында келтірілген талаптарды сақтай отырып орындалды, яғни сынамалық үлгілерге әсер ететін уақыт ұзақтылығына сәйкес, анықтамалық нүктелер ретінде әсер ету уақытына 4 және 24 сағат алынды (1-кесте).

Кесте 1

Сынамалық мата үлгісінің суөткізгіштік көрсеткіштері

Сынама нөмірі	Табиғи жағдайдағы үлгілердің гигроскопиялығы, %	Үлгілердің гигроскопиялығы, салыстырмалы ылғалдылық 100% кезіндегі (4 сағ. кейін), %	Үлгілердің гигроскопиялығы, салыстырмалы ылғалдылық 100% кезіндегі (24 сағ. кейін), %
1	2	3	4
1	2,1	8,8	11,1
2	2,3	9,4	12,6
3	2,6	12,0	14,6
4	2,2	9,4	11,7
5	2,7	12,6	15,0
6	2,3	9,8	12,0
7	2,4	11	13,4
8	2,1	8,9	11,6
9	2,6	12,4	14,8
10	2,5	11,6	13,7
Орташа арифметикалық мәні	2,38	10,59	13,05
Вариация көлемі	0,60	3,80	3,90
Орташа сызықтық ауытқу	0,18	1,33	1,25
Дисперсия	0,04	2,00	1,88

1-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Орташа квадраттық ауытқу	0,20	1,41	1,37
Осцилляция коэффициенті (%)	25,21	35,88	29,89
Салыстырмалы сызықтық ауытқу (%)	7,56	12,56	9,58
Вариация коэффициенті (%)	8,57	13,36	10,52

Қолданылу мақсаттарына сай, текстиль бағытындағы кәсіпорындар шығаратын кездемелердің түрлері әртүрлі болып келеді, бұл негізінен маталардың талшықтың құрамдарының әртүрлі талшықтар түрлерінен (табиғи, жасанды, синтетикалық) тоқылатындығына байланысты. Сондықтан, бұл жұмыста құрамы жүн талшықты аралас текстиль маталарының гигроскопиялық қасиеттерін зерттеу мақсатында жүргізілген сертификациялық сынаққа, құрамындағы талшықтары әртүрлі аралас текстиль маталарының 5 түрі түсті, сынамалық маталар үлгілерінің әрқайсысы өздеріне сәйкес нөмірлермен белгіленді.

Талшықтық құрамдары әртүрлі аралас талшықтардан тұратын дайын текстиль маталарынан, сынамалық үлгілер ретінде өлшемдік көрсеткіштері 50х200 мм кесінділер кесіліп әзірленеді, бұл жұмыста жүн талшықты аралас маталардың гигроскопиялық қасиеттерін зерттеу мақсатындағы жүргізілген сынаққа 50 сынама үлгілері қолданылды. Әзірленген сынамалық мата үлгілері, соның ішінде: аралас талшықты қазіргі заманғы жүн маталарының 3 түрінен – 30 сынамалық үлгілер; таза жүн талшықты маталардың 2 түрінен – 20 сынамалық үлгілер дайындалды [2].

Жұмысты орындау барысында текстиль маталарының сынамалық ретінде алынған 50 үлгілерінің гигроскопиялық (суөткізгіштік) көрсеткіштерін сынау эксперименті мынадай нәтиже көрсетті, яғни құрамындағы талшықтары әртүрлі аралас жүн маталарының сынамалық үлгілері бөлме температурасы жағдайында 4 сағат және 24 сағат өткеннен кейін де және сондай-ақ салыстырмалы ылғалдылық жағдайы 100% болған кезде де гигроскопиялық көрсеткіштерінің бір-біріне жақын мәндерге, сонымен қатар әртүрлі мәндерге ие болатындығын көрсетті.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Орындалған сынақтардан алынған нәтижелерге сәйкес, қалыпты жағдайда құрамы әртүрлі сынамалық мата үлгілерінің гигроскопиялық көрсеткіштері 0-4,9% аралығында ауытқуларға ұшыраған (құрамында дөрекі қателіктері кездескен сынама нәтижелері Романовский критерийінің негізінде алынып тасталады). Жүргізілген сынақ қорытындысы мынадай нәтижені көрсетті, яғни салыстырмалы ылғалдылық 100% болған жағдайда 4 сағат уақыт өткеннен кейін – сынамалық үлгінің гигроскопиялық қасиеттері 0,1%-дан 31,0% пайызға, ал сондай ылғалдылық ортасында 24 сағат уақыт өткеннен кейін – гигроскопиялық қасиеттері 0,2%-дан 43,1% пайызға тең болған [3].

Сынақ қорытындысына сәйкес алынған мәліметтер нәтижесі мынаны растайды, яғни құрамында әртүрлі талшықтары бар маталар сынамаларының алынған нәтижелері әртүрлі қорытынды көрсететіндігі туралы көптеген әдебиет көздерінде көрсетілген жорамал ақпараттардың дұрыс екендігін: мысалы, нөмірі 2-ші матаның сынамалық үлгісінің қалыпты жағдайдағы

гигроскопиялық көрсеткішінің орташа арифметикалық мәні – 4,55% пайызды, салыстырмалы ылғалдылық 100% жағдайында 4 сағат өткеннен кейінгі нәтижесі – 27,8%-ды, сол жағдайда 24 сағаттан кейінгі нәтижесі – 40,09% пайызды көрсеткен, ал нөмірі 5-ші матаның сынамалық үлгісі үшін қалыпты жағдайда гигроскопиялық көрсеткішінің арифметикалық орташа мәні 0% пайызды құраған болса, 4 сағат уақыттан кейін ылғалдылығы 100% жағдайда – 0,17% пайызды, ал сондай жағдайдағы 24 сағаттық уақыттан кейінгі нәтижесі – 0,33% пайызды құраған.

Орындалған өлшеулер қорытындысына сәйкес алынған сынақ нәтижелерінің жиынтығын біртекті деп қарастыруға болады, себебі, сынақ жүргізілген маталар үлгілерінің барлық түрлері үшін вариация коэффициенті 40% пайыздан төмен мәндерді құраған, тек нөмірі 5-ші сынамалық үлгіден басқалары, ал салыстырмалы ылғалдылығы 100% болған жағдайдағы (4 сағат уақыт өткеннен кейін) №5-ші матаның сынама үлгісінің вариация коэффициенті 45,94% пайызға тең нәтиже көрсеткен.

Еуразиялық экономикалық одаққа мүше мемлекеттер ішінде қолданылатын техникалық регламенттің (КО ТР 007/2011) талаптары бойынша №1-ші, №2-ші және №4-ші маталардың сынамалық үлгілерінің гигроскопиялық көрсеткіштері балаларға және жасөспірімдерге арналған тоқымалық бұйымдар үшін белгіленетін талаптар мен нормаларға сәйкес келеді, ал №3 және №5 маталардың сынамалық үлгілерінің гигроскопиялық көрсеткіштері бекітілген нормативтік-техникалық құжаттың (КО ТР 007/2011) талаптарына сай келмейтін төмен нәтижелерді көрсетті [4].

Жұмысты орындау кезінде, құрамында синтетикалық талшықтары бар жартылай жүн талшықты болып табылатын текстильдік маталардан әзірленген 20 сынама үлгілерінің гигроскопиялық көрсеткіштерін анықтау мақсатындағы сынақтар жүргізілді. Жүргізілген сынақ қорытындысы бойынша мынадай нәтижені байқауға болады, яғни кездеме бойындағы химиялық жолмен алынған синтетикалық талшықтардың үлестері артқан сайын, текстиль кездемелерінің гигроскопиялық қасиеттері төмендей түседі (2-кесте, 1-сурет).

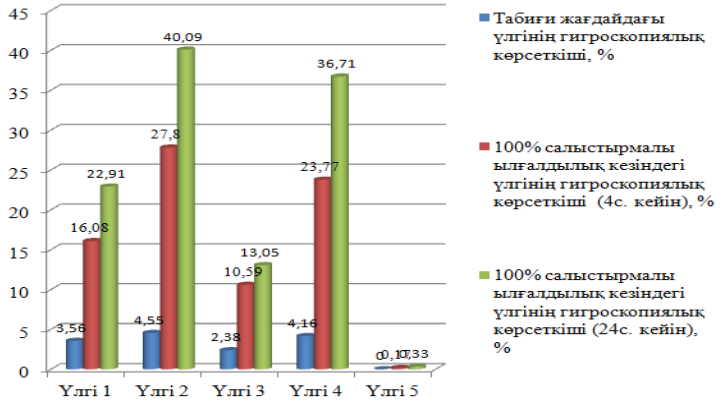
Кесте 2

Талшықтық құрамдары таза және жартылай жүн талшықты маталардың гигроскопиялық көрсеткіштері

№	Үлгінің құрамы	Орташа есептелген мәні, табиғи жағдайдағы үлгінің гигроскопиялық көрсеткіші, %	100% салыстырмалы ылғалдылық кезіндегі үлгінің гигроскопиялық көрсеткіші (4 сағ. кейін), %
1	Жүн 100%	3,56	16,08
2	Жүн 80% Полиамид 17,5% Эластан 2,5%	2,38	10,59

Сонымен, тоқыма маталарының талшықтық құрамындағы табиғи жолмен алынатын талшықтар үлесін төмендетіп, оның орнына химиялық жолдармен алынатын (жасанды немесе синтетикалық) талшықтар үлесінің пайыздық құрамын арттыратын болсақ, нәтижесінде дайын маталардың гигроскопиялық қасиеттері төмендей түседі. Осындай жағдай, әсіресе кішкентай балалар мен жас өспірімдер пайдаланатын, дайын тоқыма бұйымдарын өндіру кезінде қолданылатын заманауи, қазіргі заманға сай

тоқыма материалдарының талшықтық құрамдарына сай, тек пайыздық үлестеріне сәйкес, физико-химиялық жағынан бағалау көрсеткіші объективті емес деген нәтиже шығаруға мүмкіндік береді [5].



Сурет 1. Текстиль маталарының гигроскопиялық көрсеткіштерін сынау нәтижелері

Ғылыми-техникалық прогресс қазіргі заманға сай, текстильдік және химиялық өндірістердің заманауи жаңа технологияларының жылдам дамуының негізі болып табылады. Тоқыма материалдарының композициялық құрамдарын өзгертпей-ақ, осындай жаңа технологиялардың нәтижесінде гигроскопиялық мүмкіндіктері бірқатар жақсы болып келетін текстиль маталарының шығарылуына мүмкіндік жасайды. Тоқыма маталарының негізі – ол полимерлік материалдар, соның ішінде талшықтық құрамдары әртүрлі маталардың ылғалмен өзара әрекеттесуі, ең алдымен текстильдік матаның химиялық құрамына, кездеменің негізін құрайтын талшықты материалдардың полимерлік табиғатына, тоқыма матасының құрылымына және сыртқы факторлардың тигізетін әсеріне қарай анықталады. Полимерлік заттар құрылымдарының белгілі-бір реттелінген тәртіппен болатын ерекшеліктеріне сәйкес, су молекуласымен өзара әрекеттесетін функциональдық топтардың полярлы болуы, ондай топтардың саны және қол жетімді жағдайда болуы сияқты жағдайлар маңызды болып табылады, өйткені сорбция процесі (су сіңіру) негізінен кездеменің аморфты аймақтарында өтеді, бұл деген сорбция процесінің ең жоғары мәндерінің де әртүрлі болуына әкеліп соғуы мүмкін екендігін білдіреді [6].

Жоғарыда негізделген тұжырымдамаларға сәйкес, орындалған зерттеу жұмысында негізгі нысан ретінде таңдап алынған заманауи тоқыма кездемелерінің сынаққа түсетін үлгілерінің 5 түрінің гигроскопиялық қасиеттерін бағалау мақсатында, талшықтық құрамдары аралас болып келетін жартылай жүн талшықты тоқыма кездемелерінен сынамалық үлгілер ретінде екі түрі таңдап алынды. Жалпы алғанда тоқыма кездемелерінің бойына ылғалды сіңіру теориясына сәйкес анықтауға болады, яғни ылғалсіңіру қасиеті бойынша, матаның негізін құрайтын талшықты материалдардың белгілі-бір активті орталықтарында ылғалсіңіру мүмкіндігінің артуынан, сіңірілген ылғалдың нәтижесінде моно-молекулярлық қабат түзіледі және тұрақты сақталады, талшықтыі ішкі қабатына сіңген ылғалдың өсу шамасына сәйкес, бұндай жағдайда полимолекулалық қабат түріндегі су

молекулаларының үлкен мөлшері үшін екіншілік орталық болып табылады. Талшықты қабатты судың молекуласымен байланыстыратын бірінші кезеңде мономолекулалық қабаттың қалыптасу ортасы үшін су өткізуге бейім келетін топтардың болуының маңызы зор. Нәтижесінде судың полимолекулалық қабаты ұлғаяды, сәйкесінше талшықтардың кеңістіктікті бағдарлау шамасы да артады, өйткені бұндай жағдайда моно-қабат бойындағы судың жаңа молекулалары болып табылатын байланыс аймағының маңызы зор. Талшықтық құрамы аралас жартылай жүн маталарының сынамалық үлгілерінің гигроскопиялық қасиеттерінің есептелінген шамаларының орташа нәтижелері төменгі кестеде келтірілген.

Кесте 3

Талшықтық құрамдары жартылай жүн талшықты аралас маталардың гигроскопиялық көрсеткіштері

№	Үлгінің құрамы	Орташа есептелген мәні, табиғи жағдайдағы үлгінің гигроскопиялық көрсеткіші, %	100% салыстырмалы ылғалдылық кезіндегі үлгінің гигроскопиялық көрсеткіші (4 сағ. кейін), %
1	Жүн 80% Эластан 20%	4,16	23,77
2	Жүн 80% Полиамид 17,5% Эластан 2,5%	2,38	10,59

Талдау нәтижесінен мынадай жағдайды көруге болады, яғни талшықты құрамы аралас жартылай жүн маталарынан алынған сынамалардың композициялық құрамы әртүрлі тоқыма маталарының үлгілері су молекуласын ішкі қабатына сіңірудің бірдей заңдарына ие. Бастапқы кезеңде, кездеме бойындағы бос суөткізгіш аймақтарының саны шешуші болып табылады, бұл дегеніміз табиғи ылғалды ортадағы сынама үлгілері жоғары суөткізгіштік мүмкіндікке ие емес дегенді білдіреді (2.38%-дан 4.16%-ға дейін ғана); сондай-ақ, кездеме қабатында ылғалдың бір қабаты түзілген жағдайда, маталардың кешенді тоқымалық иірім кеңістіктігінің бағыты негізгі рөлді атқарады, сонымен қатар 4 сағаттық уақыт ішінде кездеменің салыстырмалы ылғалдылығы 100% суөткізгіштікке дейінгі жоғары мәндерге (10,59%-дан 23,77% дейін) жетеді. 4 сағаттық уақыт ішінде жайлап қана суды бойына сіңіру (балалар және жасөспірімдерге арналған текстиль бұйымдарының үнемі тұрақты болуының орташа ұзақтылығы) физико-гигиеналық тұрғыдан оңтайлы болып саналадыды, себебі текстиль киімінің астығы кеңістігінен ылғал ең алдымен кездеменің бойына, ары қарай сыртқы ортаға өтеді. Тоқыма кездемелерінің, олардың негізін құрайтын талшықтық қабатпен қоршаған сыртқы орта арасындағы ылғал алмасу үрдістері матадардың орталық немесе шекаралық қабаттарының сыртқы талшықты немесе оның кеңістікті құрылымына сәйкес анықталатын кездеменің сыртқы қабаттарындағы сыртқы диффузия процесін қамтиды. Сыртқы ортаның ылғалы мен тоқыма материалдарын тікелей бір-бірімен байланыстыру – механикалық жолмен судың молекулаларын ұстап тұру нәтижесінде сіңіріледі. Осындай әдіс арқылы жүргізілетін ылғалдандыру мен капиллярлық су-сіңіру үрдістері үлкен роль атқарады [7].

Қорытынды. Орындалған сынақ нәтижесі мынаны көрсетті, яғни сынамалық үлгілер ретінде қолданылған маталардың гигроскопиялық

көрсеткіштері сынақтан кейінгі алғашқы 4 сағат ішінде 100%-дық ылғалды ортада ешқандай өзгеріске ұшырамады, ал кейінгі 24 сағат ішінде гигроскопиялық көрсеткіштері бірқатар өскен. Бұл жағдай алдымен сынаққа түсетін матаның химиялық құрамына немесе тоқыма материалының түріне байланысты болмайды. Гидрофильді ашық топтардың талшықты материал құрылымындағы сандарының аз болуы өңдеу ертіндісінің қалыпты жағдайларда талшықпен өзара байланысу мүмкіндігін шектейді. Кездеме құрылымындағы негізгі талшықтарды күрделі кеңістіктікпен өзара байланысқа түсіретін мүмкіндіктің болмауынан оның бойындағы ылғалдың қайталанбалы конденсацияланған кездегі нүктелерін қалыптастыру мүмкіндігін бермейді, ал бұл өз кезегінде ылғалдың талшық бойына сіңу үрдісін тежейді. Агрегаттық күйдегі су сұйықтық күйіне өткен кезде, талшықты текстиль маталарының капиллярлық көрсеткіштері алғашқы орынға шығады, яғни тоқыма материалдарының бойындағы ылғалдың біраз көлемінің конденсацияға ұшырауына әкеледі.

Сонымен, тоқыма материалдарының гигроскопиялық қасиеттері әрі кешенді көрсеткіштер жиынтығы ретінде қарастырылады, ол су-өткізгіштік және су-сіңіргіштік сияқты тоқыма материалының физикалық қасиеттері арқылы анықталады. Физикалық қасиеттер тоқыма материалының сұйықтық арқылы өзара-әрекеттесу кезеңдерін анықтайды, сондай-ақ тоқыма материалының негізін құрайтын жіптердің кеңістіктіктегі бағыттарына, талшықтардың түрлеріне, сонымен қатар талшықтың суөткізетін топтарының сандарына байланысты болады. Табиғи маталарда бұл қасиет талшықтың табиғатына негізделген болса, ал құрамы химиялық талшықты маталарда – бұл өндірістік технологияларға негізделеді.

Қорыта келгенде, тоқыма маталарының гигроскопиялық қасиеттерін зерттеу мақсатында орындалған сынақтың нәтижесі мынаны көрсетті: матаның бойындағы табиғи және химиялық талшықтардың пайыздық үлестерінің өзгерулері, сол маталардың гигроскопиялық көрсеткіштеріне тікелей әсерлерін тигізеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия) [Текст]: учеб.для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
2. Кирюхин, С.М. Качество тканей [Текст] / С.М. Кирюхин, Ю.В. Додонкин. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 160 с.
3. Сейтқұл, Д. Қазіргі заманғы өлшеу құралдарын қолдана отырып, жүн және жартылай жүн маталарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу [Мәтін]: Магистрлік диссертация / Д. Сейтқұл. – Тараз, 2023. – 72 б.
4. ТР ТС 007/2011 О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков [Текст]. –Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 23 сентября 2011 г. №797.
5. Соловьев, А.Н. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов [Текст] / А.Н. Соловьев, С.М. Кирюхин. – М., «Легкая индустрия», 1974. – 248 с.
6. Правила сертификации продукции текстильной и легкой промышленности [Текст]. – Постановления Госстандарта РФ от 02.04.2001, №2643.
7. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств [Текст]. – Введ. 01.07.82. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 12 с.

Материал редакцияға 22.11.24 түсті.

Р.Т. Кауымбаев[1], М.Ш. Шардарбек[1]

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается определение качественных показателей современных текстильных тканей бытового назначения, в том числе комбинированных тканей, состав которых состоит из шерсти и других видов волокон. В соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов, проведен испытательный эксперимент с целью определения качественных показателей полушерстяных текстильных тканей.

Ключевые слова: ткань, текстиль, волокно, испытание, качество, качественные показатели, водоотталкивающие свойства, нормативно-технический документ, пробный образец, протокол испытаний.

R.T. Kauymbaev[1], M.Sh. Shardarbek[1]

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

DETERMINATION OF QUALITY INDICATORS OF TEXTILE FABRICS

Abstract. The article considers the definition of qualitative indicators of modern textile fabrics for household use, including combined fabrics, the composition of which consists of wool and other types of fibers. In accordance with the requirements of the current regulatory and technical documents, a test experiment was conducted to determine the quality indicators of semi-wool textile fabrics.

Keywords: fabric, textile, fiber, test, quality, quality indicators, water-repellent properties, regulatory and technical document, test sample, test report.

References

1. Kukin, G.N. Solov'yev, A.N., Koblyakov, A.I. Tekstil'noye materialovedeniye (tekstil'nyye polotna i izdeliya) [Textile material science (textile canvases and products)]: textbook for universities. – 2nd ed., rev. and additional. – Moscow: Legprombytizdat, 1992. – 272 p. [in Russian].
2. Kiryukhin, S.M. Dodonkin, YU.V. Kachestvo tkaney [Quality of fabrics]. – Moscow: Legprombytizdat, 1986. – 160 p. [in Russian].
3. Seytk¸ūl, D. K¸azírgí zamanġy ölsheu k¸ūraldaryn k¸oldana otyryp, zhün zhəne zhartylay zhün matalarynyň fizika-mekhanikalyk¸ k¸asiyetterín zertteu [Mətín]: Magistrlík dissertatsiya / D. Seytk¸ūl. – Taraz, 2023. – 72 b. [in Kazakh].
4. TR TS 007/2011 O bezopasnosti produktsii, prednaznachennoy dlya detey i podrostkov [On the safety of products intended for children and adolescents]. – Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union of September 23, 2011. No. 797. [in Russian].
5. Solov'yev, A.N., Kiryukhin, S.M. Otsenka kachestva i standartizatsiya tekstil'nykh materialov [Quality assessment and standardization of textile materials]. – Moscow, “Legkaya industriya” [“Light Industry”], 1974. – 248 p. [in Russian].
6. Pravila sertifikatsii produktsii tekstil'noy i legkoy promyshlennosti [Rules for certification of textile and light industry products]. – Resolutions of the State Standard of the Russian Federation of 02.04.2001, No. 2643. [in Russian].
7. GOST 3816-81 Polotna tekstil'nyye. Metody opredeleniya gigroskopicheskikh i vodoottalkivayushchikh svoystv [Textile fabrics. Methods of determination of hygroscopic and water-repellent properties]. – Introduced. 01.07.82. – Mocow: IPK Publishing House of Standards, 1997. – 12 p. [in Russian].

МРНТИ 61.13.01

А.М. Байтуреев[1] – *основной автор*, **Ж.А. Ертаева**[2], **А.Т. Онлабекова**[3]

[1]*Академик МАНЭБ, канд. техн. наук, профессор,* [2]*Магистр, Директор,* [2]*PhD, и.о. доцента*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-2752-4969* [3]*https://orcid.org/0000-0003-4379-0586*

[1,3]*Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*
[2]*ТОО Профессиональный гуманитарно-технический колледж «Білім», г. Тараз, Казахстан*

[1]*bam150348@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/WAJH9490

АЛГОРИТМ БЛОК-СХЕМЫ РАСЧЕТА ЦИКЛОНА ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ОЧИСТКИ НА ТОО «КАЗФОСФАТ» ТФ «МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ»

Аннотация. Охрана окружающей среды от вредных выбросов – одна из самых актуальных проблем нашего времени. Современные химические предприятия представляют собой сложные производственные комплексы, состоящие из различных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые могут существенно загрязнять воздух в окружающих районах. Самым эффективным способом снижения выбросов пыли и вредных газов является разработка и установка газоочистных систем.

В статье приведен расчет циклона первой ступени очистки, установленного на ТОО «Казфосфат» ТФ «Минеральные удобрения». Создан алгоритм блок-схемы расчета конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания содовоздушной смеси. В процессе расчета конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания получен циклонтипа ЦН-11-740.Определён коэффициент очистки циклона типа ЦН-11-740, который равен 84,6%.

Ключевые слова: алгоритм, блок-схема, циклон, диаметр, объемный расход газа, коэффициент очистки.

Байтуреев, А.М. Алгоритм блок-схемы расчета циклона первой ступени очистки на ТОО «Казфосфат» ТФ «Минеральные удобрения» [Текст] / А.М. Байтуреев, Ж.А. Ертаева, А.Т. Онлабекова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.423-429. https://doi.org/10.55956/WAJH9490

Введение. Охрана окружающей среды от вредных выбросов – одна из самых насущных проблем нашего времени. Загрязнение воздуха и океанов уже сейчас представляет серьёзную угрозу для флоры и фауны. С ростом промышленности увеличивается количество выбросов в атмосферу, что может привести к серьезным последствиям, которые трудно предсказать.

Проблема загрязнения атмосферы имеет международный характер, поскольку рост выбросов наблюдается во всех развитых странах, и их объём напрямую зависит от уровня промышленного производства. В настоящее время на государственном уровне принимаются меры по активному

внедрению технологий с минимальными отходами, усилению защиты воздуха, модернизации транспортных средств и оборудования, повышению качества используемых материалов и топлива, а также установке эффективных систем очистки промышленных выбросов.

В Казахстане охрана атмосферного воздуха регулируется особыми законодательными нормами, соблюдение которых обеспечивается такими органами, как Государственная санитарная инспекция и Межведомственная инспекция по техническому надзору за газоочистными и пылеулавливающими установками. Эти организации обладают широкими полномочиями по обеспечению соблюдения норм, направленных на охрану воздушного бассейна.

В ответ на это промышленность предприняла значительные усилия по расширению сети центров газоочистки на химических предприятиях и повышению эффективности их работы. В результате во многих городах и промышленных узлах произошло снижение или стабилизация вредных выбросов независимо от роста объемов и интенсивности промышленного производства.

На сегодняшний день химические предприятия представляют собой сложные производственные комплексы, включающие множество цехов и порой отдельные заводы, которые могут существенно загрязнять окружающий воздух. Полностью избежать этого при нынешнем уровне технологий невозможно. Поэтому в законодательстве Республики Казахстан предусмотрена система санитарной охраны атмосферы, направленная на поддержание чистоты воздуха на уровне, безопасном для здоровья людей. Наиболее действенным методом борьбы с выбросами пыли и вредных газов остаётся установка очистительных аппаратов на предприятиях.

Целью работы является создание алгоритма блок-схемы расчета конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания – циклона и определение коэффициента очистки циклона.

Условия и методы исследований. Создание алгоритма блок-схемы расчета центробежного пылеуловителя (циклона) первой ступени очистки (рис. 1).

Проведен расчет конструктивных и технологических параметров циклонапервой ступени пылеулавливания [3].

Основные размеры циклона, представленные на рисунке 2 [4], обычно определяются в зависимости от его диаметра D. Для широко используемых циклонов НИИОГАЗ (Научно-исследовательский институт промышленной и санитарной очистки газа) эти размеры (в долях диаметра D) указаны в таблице 1 [4].

Особенностью циклонов НИИОГАЗ является наклонный входной патрубок для газа. В промышленности широко применяются три типа таких циклонов:

1) с углом наклона 24° (ЦН-24), который отличается высокой производительностью и минимальным гидравлическим сопротивлением, предназначен для улавливания крупной пыли;

2) с углом наклона 15° (ЦН-15), обеспечивающий хорошую степень улавливания пыли при относительно низком сопротивлении;

3) с углом наклона 11° (ЦН-11), характеризующийся повышенной эффективностью и рекомендуемый как универсальный пылеуловитель.

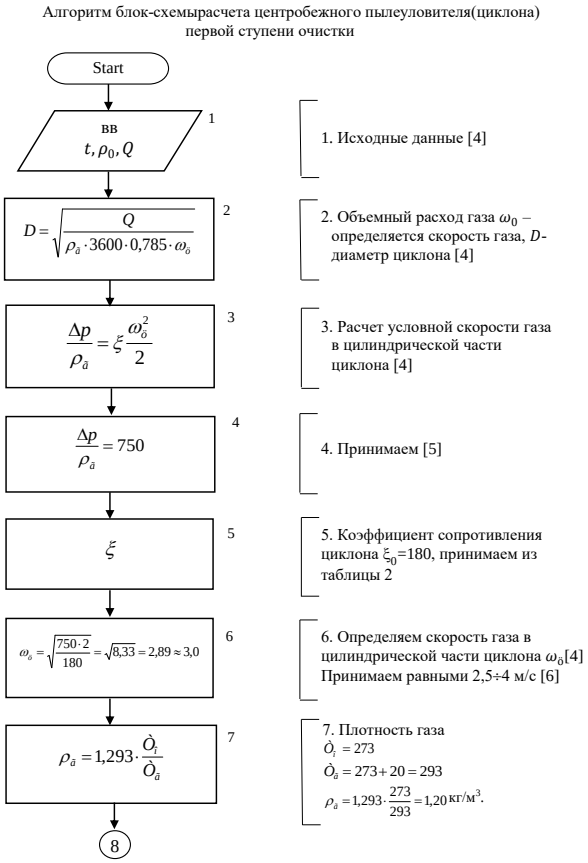


Рис. 1. Блок-схема расчета центробежного пылеуловителя (циклона) первой ступени очистки

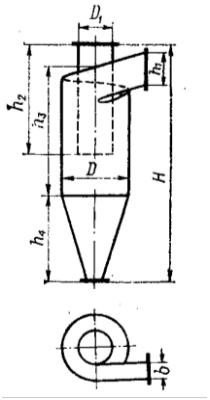


Рис. 2. Циклон НИИОГАЗ

Таблица 1

Характеристика циклонов

Характеристика циклона	Тип циклона		
	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11
1	2	3	4
Диаметр выходной трубы D_1	0,6 D	0,6 D	0,6 D
Ширина входного патрубка b	0,26 D	0,26 D	0,26 D

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Высота входного патрубка h_1	1,11 D	0,66 D	0,48 D
Высота выходной трубы h_2	2,11 D	1,74 D	1,56 D
Высота цилиндрической части h_3	2,11 D	2,26 D	2,08 D
Высота конической части h_4	1,75 D	2,0 D	2,0 D
Общая высота циклона H	4,26 D	4,56 D	4,38 D
Коэффициент сопротивления ξ_0	60 D	160 D	0,6 D

Результаты исследований и их обсуждение. Проведем расчет конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания. Определение коэффициента очистки циклона.

Исходные данные: Среда в аппарате – сухая, пыльная; производительность по запыленному газу $Q = 5500$ м^3/ч; температура 20÷25ºС; содержание пыли 1700 кг/м^3 [3].

1. Выбираем циклон типа ЦН-11 [4].

2. Диаметр циклона D определяется по условной скорости газа $\omega_{ö}$, отнесенной к полному поперечному сечению цилиндрической части циклона [4]:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{\rho_{ã} \cdot 3600 \cdot 0{,}785 \cdot \omega_{ö}}}, \qquad (1)$$

где, Q – объемный расход газа, проходящего через циклон, м^3/с.

3. Условную скорость газа в цилиндрической части циклона $\omega_{ö}$ определяем из уравнения [4]:

$$\frac{\Delta p}{\rho_{ã}} = \xi \frac{\omega_{ö}^2}{2}, \qquad (2)$$

где, $\frac{\Delta p}{\rho_{ã}} = 550 - 750$ [5].

4. Принимаем $\frac{\Delta p}{\rho_{ã}} = 750$.

5. Коэффициент гидравлического сопротивления циклона ЦН-11 $\xi = 180$ принимаем из таблицы 2 [1].

6. Определяем скорость газа в цилиндрической части циклона $\omega_{ö}$ [4].

Значение скорости газа $\omega_{ö}$ принимаем равными 2,5÷4 м/с [6].

$$\omega_{ö} = \sqrt{\frac{750 \cdot 2}{180}} = \sqrt{8{,}33} = 2{,}89 \approx 3{,}0 \text{ м/с}$$

7. Плотность газа определяем по формуле [4]:

$$\rho_{ã} = 1{,}293 \cdot \frac{\dot{O}_{i}}{\dot{O}_{ã}}, \qquad (3)$$

где: $T_i = 273^{o}$ – температура по Кельвину (К); $T_г = 273 + 20 = 293^{o}$ – температура газа по Кельвину (К).
отсюда:

$$\rho_г = 1{,}293 \cdot \frac{273}{293} = 1{,}20 \text{ кг/м}^3.$$

8. Определяем диаметр циклона из уравнения (1):

$$D = \sqrt{\frac{5500}{1{,}20 \cdot 3600 \cdot 0{,}785 \cdot 3{,}0}} = \sqrt{0{,}54} = 0{,}740 \text{ м} = 740 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр циклона $D = 740$ мм согласно таблице 2 [1]

Таблица 2

Таблица коэффициентов очистки от диаметров циклонов

Тип циклона	Диаметр циклона										Коэфф. гидравлич. сопротивления
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
	Коэффициент очистки										
ЦН-11	95,1	93,0	92,0	89,2	88,0	86,8	85,0	84,0	83,2	82,0	180
ЦН-15	93,0	89,0	86,4	85,1	82,9	81,6	79,3	77,0	75,7	74,4	105
ЦН-15У	90,0	85,5	82,5	79,5	77,2	75,0	73,2	72,2	69,6	67,0	110
ЦН-24	87,5	82,5	78,4	74,2	70,8	67,4	65,0	-	-	-	60

9. Из таблицы 2 методом интерполяции определяем коэффициент очистки циклона
ЦН-11-740, который равен 84,6 %.
10. Гидравлическое сопротивление циклона ЦН-11-740 равно [4]:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho_г \cdot \omega_в^2}{2}, \quad (4)$$

$$\Delta p = 180 \cdot \frac{1{,}20 \cdot 3{,}0^2}{2} = 972 \text{ Па, т.е. } 99{,}55 \text{ мм. вод. ст.}$$

Определяем конструктивные параметры циклона ЦН-11-740 (рис. 2) согласно таблице 1 и сводим в таблицу 3.

Таблица 3

Таблица конструктивных параметров циклона ЦН-11-740

Характеристика циклона	Тип циклона ЦН-11-740	Конструктивные параметры, мм
Диаметр выходной трубы D_1	0,6 D	444
Ширина входного патрубка b	0,26 D	192
Высота входного патрубка h_1	0,48 D	355
Высота выходной трубы h_2	1,56 D	1154
Высота цилиндрической части h_3	2,08 D	1540
Высота конической части h_4	2,0 D	1480
Общая высота циклона H	4,38 D	3241

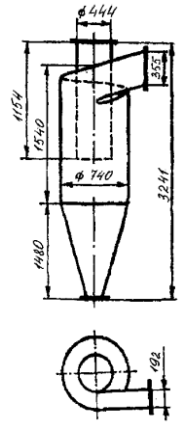


Рис. 2. Конструктивные параметры циклона ЦН-11-740

Заключение. Создан алгоритм блок-схемы расчета конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания. В процессе расчета конструктивных и технологических параметров первой ступени пылеулавливания получен циклонтипа ЦН-11-740. Определён коэффициент очистки циклона ЦН-11-740, который равен 84,6 %.

Список литературы

1. Горемыкин, В.А. Расчет и выбор пылеулавливающего оборудования [Текст] / В.А. Горемыкин, С.Ю. Панов, М.К. Аль-Кудах, А.М. Болдырев, Ю.В. Красовицкий, Ю.Н. Шаповалов. – Воронеж, 2000. – 327 с.
2. Красовский, Ю.В. Обеспыливание промышленных газов в фаянсовом производстве [Текст] / Ю.В. Красовский, А.В. Малинов, В.В. Дуров. – М.: Химия, 1994. – 265 с.
3. Постоянный технологический регламент производства триполифосфата натрия. Склад соды. Цех триполифосфата натрия. Склад триполифосфата натрия [Текст]. – Тараз, 2008. – 117 с.
4. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1981. – 560 с.
5. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М.: Химия, 1968. – 848 с.
6. Гордон, Г.М. Пылеулавливание и очистка газов. 2-е изд. [Текст] / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. – М.-Л.: Металлургия, 1968. – 499 с.

Материал поступил в редакцию 04.11.24.

А.М. Байтуреев[1], Ж.А. Ертаева[2], А.Т. Оңлабекова[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2] «Білім», кәсіби гуминитарлық-техникалық колледжі ЖШС

«ҚАЗФОСФАТ» ЖШС «МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР» ТФ ТАЗАРТУДЫҢ БІРІНШІ САТЫСЫНЫҢ ЦИКЛОНЫН ЕСЕПТЕУ БЛОК-СХЕМАСЫНЫҢ АЛГОРИТМІ

Аңдатпа. Қоршаған ортаны зиянды шығарындылардан қорғау-біздің заманымыздың ең өзекті мәселелерінің бірі. Қазіргі заманғы химиялық кәсіпорындар-бұл әртүрлі цехтардан, кейде қоршаған аудандардағы ауаны айтарлықтай ластайтын жеке зауыттардан тұратын күрделі өндірістік кешендер. Шаң мен зиянды газдар шығарындыларын азайтудың ең тиімді жолы-газ тазарту жүйелерін әзірлеу және орнату.

Мақалада «Қазфосфат» ЖШС «Минералды тыңайтқыштар» ТФ-да белгіленген тазалаудың бірінші кезеңінің циклонының есебі келтірілген. Сода-ауа қоспасының шаңын жинаудың бірінші сатысының құрылымдық және технологиялық параметрлерін есептеудің блок-схемасының алгоритмі жасалды. Шаң жинаудың бірінші сатысының конструктивті және технологиялық параметрлерін есептеу процесінде ЦН-11-740 типті циклон алынды. ЦН-11-740 типті циклонды тазарту коэффициенті анықталды, ол 84,6 % құрайды.

Тірек сөздер: алгоритм, блок-схема, циклон, диаметрі, газдың көлемдік шығыны, тазарту коэффициенті.

A.M. Baitureev[1], Zh.A. Yertaeva[2], A.T. Onlabekova[1]

[1]M.Kh. DulatyTaraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Professional Humanitarian and Technical College "Bilim", Taraz, Kazakhstan

THE ALGORITHM OF THE FLOWCHART FOR CALCULATING THE CYCLONE OF THE FIRST STAGE OF PURIFICATION AT "KAZPHOSPHATE" LLP TF "MINERAL FERTILIZERS"

Abstract. Protecting the environment from harmful emissions is one of the most pressing problems of our time. Modern chemical enterprises are complex production complexes consisting of various workshops, and sometimes individual plants, which can significantly pollute the air in surrounding areas. The most effective way to reduce dust and harmful gas emissions is the development and installation of gas purification systems.

The article presents the calculation of the cyclone of the first stage of purification installed at Kazphosphate LLP TF Mineral Fertilizers. An algorithm for the flowchart calculation of the design and technological parameters of the first stage of dust extraction of a soda-air mixture has been created. In the process of calculating the design and technological parameters of the first stage of dust extraction, a cyclone of the TSN-11-740 type was obtained. The purification coefficient of a cyclone of the TSN-11-740 type was determined, which is equal to 84.6%.

Keywords: algorithm, flowchart, cyclone, diameter, volumetric gas flow rate, purification coefficient.

References

1. Goremykin, V.A., Panov, S.YU., Al'-Kudakh, M.K., Boldyrev, A.M., Krasovitskiy, YU.V., Shapovalov, YU.N. Raschet i vybor pyleulavlivayushchego oborudovaniya [Calculation and selection of dust collection equipment]. – Voronezh, 2000. – 327 p. [in Russian].
2. Krasovskiy, YU.V., Malinov, A.V., Durov, V.V. Obespylivaniye promyshlennykh gazov v fayansovom proizvodstve [Tekst]. – Moscow: Chemistry, 1994. – 265 p. [in Russian].
3. Postoyannyy tekhnologicheskiy reglament proizvodstva tripolifosfata natriya. Sklad sody. Tsekh tripolifosfata natriya. Sklad tripolifosfata natriya [Constant technological regulations for the production of sodium tripolyphosphate. Soda warehouse. Sodium tripolyphosphate workshop. Sodium tripolyphosphate warehouse]. – Taraz, 2008. – 117 p. [in Russian].
4. Pavlov, K.F., Romankov, P.G., Noskov, A.A. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii [Examples and tasks on the course of processes and apparatus of chemical technology]. – L.: Chemistry, Leningrad branch, 1981. – 560 p. [in Russian].
5. Planovskiy, A.N., Ramm, V.M., Kagan, S.Z. Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Processes and apparatus of chemical technology]. – Moscow: Chemistry, 1968. – 848 p. [in Russian].
6. Gordon, G.M., Peysakhov, I.L. Dust collection and gas purification. 2nd ed. [Tekst]. – M.-L.: Metallurgy, 1968. – 499 p. [in Russian].

ҒТАМР 28.23.01

Н.М. Жунисов[1] – *негізгі автор*, ©
А.Б. Абен[2], **Д. Исаков**[3]

[1]*PhD, аға оқытушы,* [2]*Докторант,* [3]*Магистрант*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0001-7127-3987* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8534-3288*

[1,2,3]*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан*

@ [1]*nurseit.zhunissov@ayu.edu.kz*

https://doi.org/10.55956/ZCJD4515

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН САЛЫСТЫРА ОТЫРЫП ЖЕЛІЛІК ШАБУЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Заманауи ақпараттық жүйелердің дамуы желілік шабуылдардың күрделілігін арттырып, қауіпсіздік мәселелерінің өзектілігін көтерді. Бұл мақалада машиналық оқыту (МО) алгоритмдерінің желілік шабуылдарды анықтаудағы тиімділігі салыстырылады. Әртүрлі МО әдістері, оның ішінде нейрондық желілер, шешім ағаштары, терең оқыту және қарсыласушы машиналық оқыту, желілік шабуылдарды анықтаудағы дәлдігі мен жылдамдығын зерттеу объектісі ретінде алынады.

Зерттеу нәтижелері желілік қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін машиналық оқытудың адаптивті және инновациялық шешімдерінің маңыздылығын көрсетеді. Сонымен қатар, келешек зерттеулер үшін бағыттар мен ұсыныстар беріледі, осылайша, машиналық оқыту алгоритмдерінің желілік шабуылдарға қарсы тұрудағы әлеуеті мен тиімділігі арта түседі.

Бұл мақалада желілік шабуылдарды анықтауда қолданылатын машиналық оқыту алгоритмдері талданады. Дәстүрлі әдістер бұл қауіптерге қарсы тұруда жеткіліксіз болып отыр, сондықтан машиналық оқыту технологиялары тиімді балама ретінде қарастырылады. Мақалада бақыланатын оқыту, бақылаусыз оқыту және жартылай бақылаулы оқыту әдістері зерттеледі. Бақыланатын оқыту әдістерінің арасында логистикалық регрессия, шешім ағаштары, кездейсоқ ормандар, қолдау вектор машиналары және нейрондық желілер қарастырылады. Бақылаусыз оқыту әдістері ретінде K-Means кластерлеу, автоэнкодерлер және негізгі компоненттерді талдау әдістері талқыланады.

Жартылай бақылаулы оқыту әдістері ретінде белгілерді тарату және өздігінен оқыту әдістері зерттеледі. Әрбір алгоритмнің артықшылықтары мен кемшіліктері салыстырылып, олардың желілік шабуылдарды анықтаудағы тиімділігі талданады.

Тірек сөздер: машиналық оқыту, желілік шабуыл, алгоритм, DDoS, логистикалық регрессия, Random Forest моделі.

Жунисов, Н.М. Машиналық оқыту алгоритмдерін салыстыра отырып желілік шабуылдарды анықтау [Мәтін] / Н.М. Жунисов, А.Б. Абен, Д. Исаков //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.430-439. https://doi.org/10.55956/ZCJD4515

Кіріспе. Желілік қауіпсіздік біздің заманымыздағы ақпараттық технологиялар саласындағы маңызды мәселелердің бірі. Шабуылдардың жаңа түрлері мен кибершабуыл әдістері үнемі дамып келе жатқандықтан,

желілік шабуылдарды анықтаудың тиімді әдістері қажет. Мұнда машиналық оқыту алгоритмдері маңызды рөл атқарады (Machine Learning – ML). Машиналық оқыту алгоритмдері салыстырылады және олардың желілік шабуылдарды анықтаудағы тиімділігі талқыланады. Желілік шабуылдарды анықтаудағы машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігін салыстыра отырып, олардың нақты қолдану жағдайында қалай жұмыс істейтінін түсінуге болады. Бұл зерттеу желілік қауіпсіздік мамандарына машиналық оқыту әдістерін таңдауда және қолдануда көмек көрсетуге бағытталған. Машиналық оқыту алгоритмдерінің әртүрлі түрлері бар, олардың әрқайсысы ерекше артықшылықтар мен кемшіліктерге ие. Бақыланатын оқыту (Supervised Learning) әдістері алдын ала таңбаланған деректер жиынтығына негізделеді. Бұл әдістер нақты шабуыл түрлерін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Бақылаусыз оқыту (Unsupervised Learning) әдістері таңбаланбаған деректерді пайдаланады және желідегі қалыпты және аномалды әрекеттерді автоматты түрде айыруға негізделген. Жартылай бақылаулы оқыту (Semi-supervised Learning) әдістері аз мөлшерде таңбаланған және көп мөлшерде таңбаланбаған деректерді бірге пайдаланып, шабуылдарды анықтаудың тиімділігін арттырады.

Машиналық оқыту алгоритмдері желілік шабуылдарды анықтаудың маңызды құралы болып табылады. Әр әдістің өзіндік ерекшеліктері бар, сондықтан нақты жағдайға байланысты дұрыс алгоритмді таңдау өте маңызды. Алдағы бөлімдерде осы әдістердің әрқайсысын жан-жақты қарастырып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері талқыланады.

Y.K. Saheed және әріптестері [1] өз зерттеуінде IoT желілеріндегі шабуылдарды анықтау үшін МО әдістерін қолданады. Зерттеу нәтижелері алгоритмдердің тиімділігі мен өнімділігі, әсіресе деректер жинағының сапасы мен көлеміне байланысты екенін көрсетеді. Авторлар IoT экожүйесіндегі шабуылдарға ерекше назар аударып, адаптивті модельдердің қажеттілігін атап өтеді. K. Ullah және командасы [2] SS7 протоколындағы осалдықтарды зерттеп, машиналық оқыту мен ереже негізіндегі әдістерді салыстырады. Нәтижелер машиналық оқыту әдістерінің ережелерге негізделген тәсілдерден тиімдірек екенін көрсетеді. Зерттеу SS7 желісіндегі шабуылдарды анықтауда МО-ның әлеуетін және оның жылдамдығы мен дәлдігін айқындайды. K. Не және басқалары [3] қарсыласушы машиналық оқытуды желілік қауіпсіздік контекстінде қарастырады. Зерттеу нейрондық желілердің шабуылдарға төзімділігін арттыруға арналған түрлі стратегияларды ұсынады. Авторлар алгоритмдердің әлсіз жақтарын атап өтіп, тиімдірек шешімдер әзірлеу қажеттілігін білдіреді. Y. Wu және оның серіктестері [4] терең оқыту әдістерін пайдалана отырып желілік шабуылдарды анықтауға арналған әдістерді зерттейді. Бұл зерттеуде терең нейрондық желілердің тиімділігі көрсетіліп, олардың ауқымды деректермен жұмыс істеу қабілеті талданады. A. Aljuhani [5] дистрибутталған шабуылдарға қарсы МО әдістерін талдайды. Зерттеу машиналық оқытудың DDoS шабуылдарын анықтаудағы мүмкіндіктерін көрсетеді, сонымен қатар деректерді өңдеу жылдамдығының шешуші рөлін атап өтеді. S. Wang және әріптестері [6] желідегі аномалияларды анықтау үшін МО әдістерінің әртүрлілігін зерттейді. Бұл шолу алгоритмдердің тиімділігін, сонымен қатар олардың аномалияларды анықтаудағы дәлдігін бағалайды.

Келтірілген зерттеулер машиналық оқыту алгоритмдерінің желілік шабуылдарды анықтаудағы көпқырлылығы мен тиімділігін көрсетеді. IoT желілеріндегі шабуылдарды анықтау, SS7 протоколының уязвимостары,

қарсыласушы машиналық оқыту және терең оқыту әдістері – бұл саладағы негізгі бағыттар. Алдағы уақытта машиналық оқыту әдістерінің әрі қарай дамуы желілік қауіпсіздік мәселелерін шешуде маңызды рөл атқара алады.

Желілік қауіпсіздік саласында машиналық оқыту (МО) әдістерінің дамуы, әсіресе, шабуылдарды анықтау мен алдын алуда жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл бөлімде қарсыласушы машиналық оқытудың, DDoS шабуылдарын анықтаудың және сымсыз сенсорлық желілердегі шабуылдарды анықтаудың тиімді әдістері мен шешімдері қарастырылады.

M. Khan мен L. Ghafoor [7] зерттеуінде қарсыласушы машиналық оқыту желілік қауіпсіздік контекстінде кездесетін негізгі мәселелер мен шешімдерді талдайды. Авторлар қарсыласушы шабуылдардың әсерін, олардың алгоритмдерге қауіп төндіру қабілетін және желілік қауіпсіздік жүйелеріндегі осалдықтарды қарастырады. Зерттеу қарсыласушы машиналық оқытудың жетілдірілген алгоритмдерін және олардың тиімділігін арттыру үшін қажет шараларды анықтайды, осылайша желілік шабуылдарға қарсы тұру үшін тиімді әдістерді ұсынады. H.M. Saleh және әріптестері [8] сымсыз сенсорлық желілердегі шабуылдарды анықтау үшін стохастикалық градиентті төмендету әдісін қолданатын зерттеу жүргізді. Бұл зерттеу сымсыз желілердегі шабуылдарды тиімді анықтау мақсатында машиналық оқыту алгоритмдерін пайдаланудың инновациялық тәсілдерін көрсетеді. Нәтижелер алгоритмнің жылдамдығы мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретінін айқындайды, бұл сымсыз сенсорлық желілердегі қауіпсіздікті нығайту үшін маңызды болып табылады. M.S. Elsayed және оның командасы [9] DDoS шабуылдарын анықтауға арналған Ddosnet атты терең оқыту моделін таныстырады. Зерттеуде терең нейрондық желілердің DDoS шабуылдарын анықтаудағы тиімділігі және алгоритмнің жылдамдығы мен дәлдігі талқыланады. Ddosnet моделі DDoS шабуылдарын реальды уақытта анықтауға мүмкіндік беретін қуатты құрал ретінде қарастырылады, бұл желілік қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Аталған зерттеулер машиналық оқыту әдістерінің желілік шабуылдарды анықтаудағы әлеуетін айқындайды. Қарсыласушы машиналық оқыту, сымсыз сенсорлық желілердегі шабуылдарды анықтау және DDoS шабуылдарын алдын алу – бұл саланың дамуына үлкен әсер етеді. Болашақта осы бағыттағы зерттеулер машиналық оқыту әдістерінің тиімділігін арттыру мен желілік қауіпсіздікті қамтамасыз етуге көмектеседі.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Желілік шабуылдар – бұл компьютерлік желілерге рұқсатсыз кіру немесе бүліну мақсатында жасалатын әрекеттер. Мұндай шабуылдар желілік инфрақұрылымның қауіпсіздігіне үлкен қауіп төндіреді, өйткені олар деректердің ұрлануына, бүлінуіне немесе жойылуына әкелуі мүмкін. Желілік шабуылдар ұйымдардың қызметіне айтарлықтай зиян келтіруі және экономикалық шығындар мен беделдің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан желілік қауіпсіздік шараларын тиімді ұйымдастыру және шабуылдарды уақтылы анықтау өте маңызды.

Желілік шабуылдардың әртүрлі түрлері бар, олардың кейбіреулері төменде келтірілген:

– DOS және DDoS шабуылдары (Denial of Service және Distributed Denial of Service): бұл шабуылдардың мақсаты-жүйені немесе қызмет көрсету желісін жою. Шабуылдар жүйені шамадан тыс жүктеу арқылы жүзеге асырылады, нәтижесінде жүйе пайдаланушылардың сұраныстарына жауап бере алмайды. DDoS шабуылдары көптеген компьютерлерге бір уақытта шабуыл жасау арқылы жүзеге асырылады;

– Фишинг (Phishing): шабуылдың бұл түрі пайдаланушыларды алдау арқылы олардың жеке ақпаратын (парольдер, несие карталарының нөмірлері) алуға бағытталған. Фишингтік шабуылдар көбінесе электрондық пошта немесе жалған веб-сайттар арқылы жасалады;

– Зиянды бағдарламалар (зиянды бағдарламалар): бұл санатқа вирустар, Трояндар және басқа зиянды бағдарламалар кіреді. Олар компьютерлерге немесе желілерге еніп, деректерді ұрлауға, бүлдіруге немесе жоюға қабілетті;

– MitM шабуылдары (man-in-the-Middle): бұл шабуыл кезінде шабуылдаушы екі тарап арасындағы байланысты өз пайдасына ұстап, пайдаланады. Бұл әдіс арқылы шабуылдаушы құпия деректерді ұстай алады;

– SQL инъекциясы: бұл шабуыл зиянды SQL сұрауларын веб-қосымшалар базасына енгізу арқылы жүзеге асырылады. Нәтижесінде шабуылдаушы дерекқордағы деректерге рұқсатсыз қол жеткізе алады.

Желілік шабуылдардың салдары. Желілік шабуылдардың салдары өте ауыр болуы мүмкін, олардың кейбіреулері:

– Деректерді жоғалту немесе ұрлау: құпия деректерді ұрлау ұйымдар мен жеке тұлғаларға үлкен зиян келтіруі мүмкін;

– Қызметті тоқтату: DOS және DDoS шабуылдары компаниялардың қызметін тоқтатып, экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін;

– Қаржылық шығындар: жүйені қалпына келтіру және шығындарды өтеу үлкен қаржылық ресурстарды қажет етеді;

– Беделдің төмендеуі: қауіпсіздік оқиғалары ұйымдардың беделіне нұқсан келтіруі және клиенттердің сенімін жоғалтуы мүмкін [10].

Желілік шабуылдарды анықтау қажеттілігі. Желілік шабуылдарды уақтылы анықтау және алдын алу ұйымдардың киберқауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды бөлігі болып табылады. Желілік шабуылдарды ерте анықтау үшін желіге үнемі мониторинг жүргізіп, тиімді қорғаныс шараларын қабылдау қажет. Мұнда машиналық оқыту алгоритмдері үлкен рөл атқара алады, өйткені олар заңдылықтарды тануға және ауытқуларды анықтауға қабілетті. Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, желілік шабуылдарды анықтаудың тиімділігін арттыруға және қауіпсіздікті арттыруға болады. Келесі бөлімде біз желілік шабуылдарды анықтауда қолданылатын машиналық оқыту алгоритмдерін талқылаймыз.

Машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, желілік шабуылдарды зерттеу өте өзекті сала болып табылады, әсіресе киберқауіпсіздік жағдайында. Қазіргі қауіп-қатерлерге қарсы тиімсіз болуы мүмкін шабуылдарды анықтаудың дәстүрлі әдістерінің орнына Машиналық оқыту алгоритмдері деректердің үлкен көлемін талдауға және шабуылдың болуын көрсететін жасырын заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік береді [11]. Деректерді жүктеуден бастап, соның ішінде әртүрлі белгілер туралы ақпарат (мысалы, IP мекенжайлары, пакет түрлері және т.б.) және бұл шабуыл ма, жоқ па екенін көрсететін белгі. Содан кейін деректерден ең маңызды белгілерді таңдау үшін selectkbest деп аталатын әдісті қолданылады. Шабуыл белгілерімен тығыз байланысты ең жақсы 10 белгіні таңдалуы керек. chi2 деп аталатын статистикалық тест арқылы әрбір белгіні және оның шабуыл белгілерімен байланысын талдалынады. Әрбір белгінің маңыздылығын бағалағаннан кейін компьютерлік желілердегі шабуылдарды болжау қабілетімізге ең үлкен әсер ететін үздік 10 белгіні қарастырылады. Сайып келгенде, бұл процесс желідегі шабуылдарды дәлірек болжау үшін

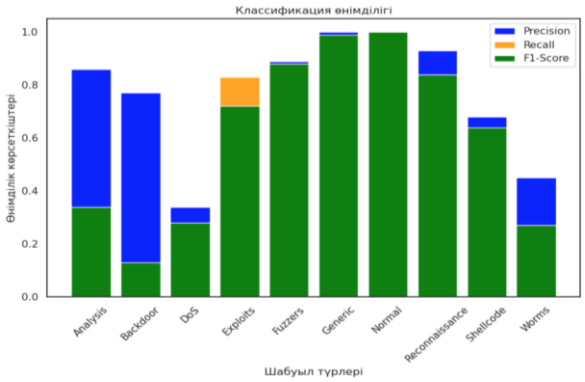
пайдалануға болатын деректеріміздегі ең маңызды белгілерді анықтауға көмектеседі.

Компьютерлік желілерде қандай шабуылдар болғанын болжауға тырысатын Машиналық оқыту моделін жасалады. Деректер екі бөлікке бөлінеді: бір бөлігі модельді үйрету үшін, ал екіншісі оның қаншалықты жақсы жұмыс істейтінін тексеру үшін қолданылады. Модельді оқытқаннан кейін оның бұрын көрмеген деректерге шабуыл түрлерін қаншалықты дәл болжайтынын тексеріледі. Модельдің шабуылдардың әр түрі үшін болжамдарды қаншалықты жақсы орындайтынын көрсететін есеп шығарылады. Бұл процесс модельдің өнімділігін бағалауға және оның компьютерлік желілердегі шабуылдарды қаншалықты жақсы анықтап, жіктей алатынын түсінуге мүмкіндік береді [12]. Модель кейбір класстар үшін жоғары мәндермен жақсы нәтиже көрсетеді (мысалы, «жалпы» және «қалыпты»), ал басқалары үшін төмен (мысалы, «Backdoor» және «Worms»). Бұл деректердегі сыныптардың біркелкі бөлінбеуіне немесе кейбір сыныптарды басқаларға қарағанда болжау қиынырақ болуына байланысты болуы мүмкін. 1-суреттегі код компьютерлік желілердегі әрбір шабуыл сыныбы үшін дәлдік (дәлдік), толықтық (recall) және (F1-score) мәндерін көрсететін бағаналы диаграмма жасайды.

```
import matplotlib.pyplot as plt
classes = ['Analysis', 'Backdoor', 'DoS', 'Exploits', 'Fuzzers', 'Generic', 'Normal
precision = [0.86, 0.77, 0.34, 0.64, 0.89, 1.00, 1.00, 0.93, 0.68, 0.45]
recall = [0.21, 0.07, 0.23, 0.83, 0.88, 0.98, 1.00, 0.76, 0.61, 0.19]
f1_score = [0.34, 0.13, 0.28, 0.72, 0.88, 0.99, 1.00, 0.84, 0.64, 0.27]
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.bar(classes, precision, color='blue', label='Precision')
plt.bar(classes, recall, color='orange', label='Recall')
plt.bar(classes, f1_score, color='green', label='F1-Score')
plt.xlabel('Шабуыл түрлері')
plt.ylabel('Өнімділік көрсеткіштері')
plt.title('Классификация өнімділігі')
plt.xticks(rotation=45)
plt.legend()
plt.show()
```

Сурет 1. Шабуыл мәндерін көрсететін бағаналы диаграмма жасау коды

Әрбір шабуыл класы X осі бойынша, ал метрикалық мәндер Y осі бойынша белгіленеді. 2-суреттегі график әртүрлі шабуыл сыныптары үшін модельдің өнімділігін салыстыруға және модельдің әр шабуыл түрін болжауда қаншалықты жақсы жұмыс істейтінін түсінуге көмектеседі (Көк бағандар әр сынып үшін дәлдікті білдіреді, Қызғылт сары бағандар әр сынып үшін толықтығын білдіреді, Жасыл бағандар әр сынып үшін F1 өлшемін білдіреді).



Сурет 2. Кибершабуыл түрлерінің классфикация өнімділігі

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Алгоритмдерді қолдану.* Суреттегі код scikit-learn (sklearn) кітапханасынан шешім ағашы (Decision Tree Classifier) классификатор нысанын жасайды.Содан кейін классификатор оқу деректер жиынтығында (X_train және y_train) оқытылады және соңында сынақ деректер жиынына (X_test) жауаптарды болжау үшін пайдаланылады.

```
from sklearn.metrics import accuracy_score, precision_score, recall_score, f1_score

# Calculate accuracy
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Accuracy:", accuracy*100)

# Calculate precision
precision = precision_score(y_test, y_pred)
print("Precision:", precision*100)

# Calculate recall (sensitivity)
recall = recall_score(y_test, y_pred)
print("Recall (Sensitivity):", recall*100)

# Calculate F1-score
f1 = f1_score(y_test, y_pred)
print("F1-Score:", f1*100)
```

```
Accuracy: 93.63147137202142
Precision: 95.08528417943063
Recall (Sensitivity): 94.96039443905593
F1-Score: 95.0227982731951
```

Сурет 3. Visualizing the rules дәлдікті бағалау

3-суреттегі код дәлдік (accuracy), дәлдік (precision), толықтық (recall) сияқты жіктеу моделінің өнімділігін бағалау үшін бірнеше көрсеткіштерді есептейді [13]. Олардың әрқайсысын қарастырайық:

– Дәлдік (Accuracy): бұл сынақ жинағындағы барлық үлгілер арасында дұрыс жіктелген үлгілердің пайызы;

– Дәлдік (precision): бұл модель оң деп болжаған барлық үлгілер арасында дұрыс жіктелген оң үлгілердің үлесі;

– Толықтығы (Recall) немесе сезімталдығы: бұл барлық жарамды оң үлгілер арасында дұрыс жіктелген оң үлгілердің үлесі;

– F1-Өлшем (F1-Score): бұл дәлдік пен толықтық арасындағы гармоникалық орта. Ол дәлдік пен толықтық арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етеді және көбінесе теңгерімсіз сыныптар үшін жалпы өнімділік көрсеткіші ретінде қолданылады.

Әрбір метрика пайыздық форматта ұсынылған. Бұл көрсеткіштер модельдің тестілік деректер жиынтығындағы сыныптарды болжауда қаншалықты жақсы жұмыс істейтінін бағалау үшін қолданылады.

4-суреттегі код бұрын жүктелген деректер жиынтығы болуы мүмкін data айнымалысын пайдаланады. Ол осы деректер жиынтығының «attack_cat» бағанынан бірегей мәндерді шығарады және оларды экранға шығарады.

```
# 'attack_cat' sütunundaki benzersiz değerleri kontrol edin
unique_attack_categories = data['attack_cat'].unique()
print(unique_attack_categories)
```

```
['Normal' 'Reconnaissance' 'Backdoor' 'DoS' 'Exploits' 'Analysis'
 'Fuzzers' 'Worms' 'Shellcode' 'Generic']
```

Сурет 4. «attack_cat» мәндері

Бұл кодтың міндеті – деректер жиынтығының "attack_cat" бағанында болатын шабуылдардың бірегей санаттарын анықтау. Бұл деректерде берілген шабуыл түрлерінің әртүрлілігін түсіну және тапсырманың нақты

қажеттіліктеріне байланысты әрі қарай талдау немесе өңдеу үшін пайдалы болуы мүмкін [14-15].

5-суретте жаңа new_data деректер жинағы үшін шабуыл санатын болжау үшін оқытылған Random Forest (rf_classifier) үлгісін пайдаланады.

```
# Yeni verileri girin (bu örnekte varsayılan olarak bir örnek kullanılmıştır)
new_data = pd.DataFrame({
    'dur': [1.0],
    'proto': [0],
    'service': [1],
    'state': [1],
    'spkts': [20],
    'dpkts': [20],
    'sbytes': [500],
    'dbytes': [250],
    'rate': [100.0],
    'sttl': [300],
    'ct_state_ttl': [1],
    'ct_dst_ltm': [0],
    'ct_src_dport_ltm': [1],
    'ct_dst_sport_ltm': [1],
    'ct_dst_src_ltm': [0],
    'is_ftp_login': [0],
    'ct_ftp_cmd': [0],
    'ct_flw_http_mthd': [0],
    'ct_src_ltm': [1],
    'ct_srv_dst': [1],
    'is_sm_ips_ports': [0]
})

# Random Forest modeli
predicted_attack_cat = rf_classifier.predict(new_data)

print("Болжалды шабуыл түрі:", predicted_attack_cat)
```

Сурет 5.Шабуыл түрін болжау коды

new_data – жіктеуге арналған жаңа деректерді қамтитын DataFrame. Бұл жағдайда сөздік түрінде берілген жаңа деректердің бір мысалы қолданылады.

predicted_attack_cat = rf_classifier.predict (new_data) – random Forest моделі жаңа деректер үшін шабуыл санатын болжау үшін қолданылады. Predict () әдісі жаңа деректерді қабылдайды және шабуылдың болжамды санатын қайтарады.

print ("Болжалды шабуыл түрі:", predicted_attack_cat) – шабуылдың болжамды санаты экранға шығарылады.

Бұл кодты оқытылған Random Forest моделін қолдана отырып, жаңа деректерді шабуыл түріне қарай жіктеу үшін пайдалануға болады.

Машиналық оқыту алгоритімдерінің нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Машиналық оқыту алгоритімдерінің нәтижелері

Model	Accuracy	Precision	Recall (Sensitivity)	F1-Score
Шешім ағашы	93,55	95,04	94,88	94,96
Логистикалық регрессия	80,73	78,78	95,66	86,40
k-ең жақын көрші (kNN)	85,05	86,70	90,54	88,57
Қосымша ағаштар	94,68	96,32	95,34	95,82
Кездейсоқ орман	94,99	96,41	95,73	96,07
Градиентті Күшейтетін Классификатор	93,26	94,53	94,97	94,75
Көпқабатты перцептрон (MLP) нейрондық желі	81,83	82,89	90,25	86,41

Random Forest моделі UNSW-NB15 деректер жиынында ең жоғары дәлдікке (94,99%) қол жеткізіп, деректерді ең тиімді жіктейтін модель ретінде ерекшеленеді. Бұл модельден кейін Қосымша ағаштар (94,68%) және Шешім ағашы (93,55%) әдістері келеді. P дәлдік мәндерін талдау кезінде де Random Forest ең жоғары нәтижені көрсетіп отыр (96,41%), одан кейін Қосымша ағаштар (96,32%) және Шешім ағашы (95,04%) модельдері орналасқан.

Сезімталдық тұрғысынан қарастырғанда, Random Forest үлгісінің ең жоғары мәнге ие болғаны анық (95,73%). Сонымен қатар, Extra Trees (95,34%) және Decision Tree (94,88%) үлгілері де сезімталдық көрсеткіштері бойынша жоғары нәтижелер көрсетуде. F1-Score метрикасына сәйкес те, Random Forest моделі ең жоғары көрсеткішке (96,07%) ие, бұл басқа модельдер арасынан Extra Trees (95,82%) және Decision Tree (94,96%) үлгілерін де ерекше атап өтуге мүмкіндік береді.

Қорытынды. Желілік шабуылдарды анықтау үшін әртүрлі машиналық оқыту алгоритмдерін қолдануға болады. Әрбір алгоритмнің артықшылықтары мен кемшіліктері бар, және олардың тиімділігі нақты жағдайға байланысты өзгереді. Қазіргі таңда ең тиімді шешім – бірнеше әдісті біріктіріп қолдану, яғни гибридтік жүйелерді құру болып табылады. Мұндай тәсілдер желілік шабуылдарды дәлірек және тиімдірек анықтауға мүмкіндік береді.

Ең сенімді жіктеуіш деректердің ерекшелігіне және жіктеу тапсырмасына байланысты. Бір классификатор басқаларға қарағанда белгілі бір деректер түрлеріне немесе шарттарға жақсырақ сәйкес келуі мүмкін. Мысалы, Random Forest деректердегі шығарындылар мен шуды жақсы басқара алады, Gradient Boosting үлкен деректер жиынында жақсы нәтиже бере алады, ал MLP белгілер мен мақсатты айнымалы арасында сызықтық емес тәуелділіктер бар жоғары күрделілік тапсырмалары үшін тиімді болуы мүмкін.

Белгілі бір тапсырма үшін ең сенімді жіктеуішті анықтау үшін көбінесе әртүрлі модельдермен эксперименттер жүргізу, гиперпараметрлерді таңдау және олардың өнімділігін кросс-валидация немесе модельді бағалаудың басқа әдістері арқылы бағалау қажет.

Қорытындылай келе, берілген нәтижелерге сәйкес, Random Forest моделі UNSW-NB15 деректер жиынында ең жоғары өнімділікке қол жеткізіп, тиімді машиналық оқыту модельдерінің бірі ретінде киберқауіпсіздік саласындағы қолданбалар үшін оңтайлы таңдау бола алатыны көрінеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Saheed Y.K. et al. A machine learning-based intrusion detection for detecting internet of things network attacks //Alexandria Engineering Journal. – 2022. – Vol. 61. – No. 12. – P. 9395-9409.
2. Ullah K. et al. SS7 vulnerabilities – a survey and implementation of machine learning vs rule based filtering for detection of SS7 network attacks //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2020. – Vol. 22. – No. 2. – P. 1337-1371.
3. He K., Kim D.D., Asghar M.R. Adversarial machine learning for network intrusion detection systems: A comprehensive survey //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2023. – Vol. 25. – No. 1. – P. 538-566.
4. Kumar A., Glisson W. B., Benton R. Network attack detection using an unsupervised machine learning algorithm. – Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2020.

5. Wu Y., Wei D., Feng J. Network attacks detection methods based on deep learning techniques: a survey //Security and Communication Networks. – 2020. – Vol. 2020. – No. 1. – P. 8872923.
6. Aljuhani A. Machine learning approaches for combating distributed denial of service attacks in modern networking environments //IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 42236-42264.
7. Khan M., Ghafoor L. Adversarial Machine Learning in the Context of Network Security: Challenges and Solutions //Journal of Computational Intelligence and Robotics. – 2024. – Vol. 4. – No. 1. – P. 51-63.
8. Saleh H.M., Marouane H., Fakhfakh A. Stochastic gradient descent intrusions detection for wireless sensor network attack detection system using machine learning //IEEE Access. – 2024.
9. Wang S. et al. Machine learning in network anomaly detection: A survey //IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 152379-152396.
10. Elsayed M.S. et al. Ddosnet: A deep-learning model for detecting network attacks //2020 IEEE 21st International Symposium on" A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM). – IEEE, 2020. – P. 391-396.
11. Bout E., Loscri V., Gallais A. How machine learning changes the nature of cyberattacks on IoT networks: A survey //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2021. – Vol. 24. – No. 1. – P. 248-279.
12. Injadat M.N., Moubayed A., Shami A. Detecting botnet attacks in IoT environments: An optimized machine learning approach //2020 32nd International Conference on Microelectronics (ICM). – IEEE, 2020. – P. 1-4.
13. Magán-Carrión R. et al. Towards a reliable comparison and evaluation of network intrusion detection systems based on machine learning approaches //Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10. – No. 5. – P. 1775.
14. Haji S.H., Ameen S.Y. Attack and anomaly detection in iot networks using machine learning techniques: A review //Asian J. Res. Comput. Sci. – 2021. – Vol. 9. – No. 2. – P. 30-46.
15. Furdek M. et al. Machine learning for optical network security monitoring: A practical perspective //Journal of Lightwave Technology. – 2020. – Vol. 38. – No. 11. – P. 2860-2871.

Материал редакцияға 02.10.24 түсті.

Н.М. Жунисов[1], А.Б. Абен[1], Д. Исаков[1]

[1]Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

ОБНАРУЖЕНИЕ СЕТЕВЫХ АТАК С ПОМОЩЬЮ СРАВНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Развитие современных информационных систем повысило сложность сетевых атак и повысило актуальность вопросов безопасности. В этой статье сравнивается эффективность алгоритмов машинного обучения (МО) при обнаружении сетевых атак. Различные методы МО, включая нейронные сети, деревья решений, глубокое обучение и противоборствующее машинное обучение, принимаются в качестве объекта исследования точности и скорости обнаружения сетевых атак.

Результаты исследования подчеркивают важность адаптивных и инновационных решений машинного обучения для обеспечения сетевой безопасности. Кроме того, будут даны направления и рекомендации для будущих исследований, что повысит потенциал и эффективность алгоритмов машинного обучения в борьбе с сетевыми атаками.

В этой статье анализируются алгоритмы машинного обучения, используемые для обнаружения сетевых атак. Традиционные методы становятся недостаточными для противодействия этим угрозам, поэтому технологии машинного обучения рассматриваются как эффективная альтернатива. В статье исследуются методы контролируемого обучения, неконтролируемого обучения и частично контролируемого обучения. Среди методов контролируемого обучения рассматриваются логистическая регрессия, деревья решений, случайные леса, вспомогательные векторные машины и нейронные сети. Обсуждаются кластеризация K-Means, автоэнкодеры и методы анализа ключевых компонентов как методы неконтролируемого обучения.

В качестве частично контролируемых методов обучения изучаются методы распространения признаков и самообучения. Сравниваются преимущества и недостатки каждого алгоритма и анализируется их эффективность в обнаружении сетевых атак.

Ключевые слова: машинное обучение, сетевая атака, алгоритм, DDoS, логистическая регрессия, модель Random Forest.

N.M. Zhunissov[1], A.B. Aben[1], D. Isakov[1]

[1]Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

DETECTING NETWORK ATTACKS BY COMPARING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Abstract. The development of modern information systems has increased the complexity of network attacks and increased the relevance of security issues. This article compares the effectiveness of machine learning (ML) algorithms in detecting network attacks. Various ML methods, including neural networks, decision trees, deep learning, and adversarial machine learning, are accepted as the object of research on the accuracy and speed of detecting network attacks.

The results of the study highlight the importance of adaptive and innovative machine learning solutions for network security. In addition, directions and recommendations for future research will be given, which will increase the potential and effectiveness of machine learning algorithms in combating network attacks.

This article analyzes the machine learning algorithms used to detect network attacks. Traditional methods are becoming insufficient to counter these threats, so machine learning technologies are considered an effective alternative. The article examines the methods of supervised learning, unsupervised learning and partially supervised learning. Among the methods of supervised learning, logistic regression, decision trees, random forests, auxiliary vector machines and neural networks are considered. K-Means clustering, autoencoders, and key component analysis methods as unsupervised learning methods are discussed.

Methods of feature propagation and self-learning are being studied as partially controlled learning methods. The advantages and disadvantages of each algorithm are compared and their effectiveness in detecting network attacks is analyzed.

Keywords: machine learning, network attack, algorithm, DDoS, logistic regression, Random Forest model.

ҒТАМР 28.23.01

А.Б. Абен[1] – *негізгі автор*, ©
Н.М. Жунисов[2], Ж.Б. Мырзатаев[3]

[1]Магистр, оқытушы, [2]PhD, аға оқытушы, [3]Магистрант

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-8534-3288 [2]https://orcid.org/0000-0001-6531-9408*

[1,2,3]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

@ *[1]arypzhan.aben@ayu.edu.kz*

https://doi.org/10.55956/NXZX2857

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН СПАМ ХАБАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Бұл зерттеуде мәтіндік хабарламаларды автоматты түрде классификациялау арқылы спамды анықтау әдістері талданды. Зерттеудің мақсаты – машиналық оқыту модельдерінің тиімділігін бағалау және оларды спам фильтрлеу жүйелеріне қолдану мүмкіндіктерін зерттеу болды. Алдын ала деректерді өңдеу кезеңдерінде хабарламаларды төменгі регистрге ауыстыру, токенизация, арнайы символдар мен тыныс белгілерін жою, жиі кездесетін сөздерді алып тастау және сөздерді түбірге келтіру қолданылды. Осы қадамдар хабарламалардан маңызды ақпаратты бөліп көрсетуге және классификацияның сапасын арттыруға көмектесті.

Зерттеу барысында Наивті Байес, Логистикалық регрессия, SVM, Шешім ағашы, Рэндом Форест және Градиентті Бустинг модельдері сынақтан өткізілді. Нәтижелер көрсеткендей, SVM моделі барлық метрикалар бойынша ең жоғары көрсеткіштерге ие болды, сонымен қатар Рэндом Форест пен Логистикалық регрессия модельдері де жоғары тиімділігін көрсетті. Бұл модельдер нақтылық, дәлдік, еске түсіру және F1-өлшемі бойынша 95%-дан жоғары көрсеткіштерге қол жеткізді.

Зерттеу нәтижелері машиналық оқыту әдістерінің мәтіндік деректерді классификациялаудағы тиімділігін дәлелдейді және оларды нақты қолданбалы жүйелерге, мысалы, электрондық пошта немесе SMS арқылы келетін хабарламаларды сүзу жүйелеріне енгізу мүмкіндіктерін көрсетеді. Алдағы уақытта гиперпараметрлерді оңтайландыру және мәтіндік деректерді өңдеудің жетілдірілген әдістерін қолдану арқылы модельдердің өнімділігін арттыру жоспарланып отыр.

Тірек сөздер: машиналық оқыту, спам фильтрлеу, текст классификациясы, Наивті Байес, логистикалық регрессия, SVM моделі, деректерді өңдеу, градиентті бустинг.

Абен, А.Б. Машиналық оқыту алгоритмдерінің көмегімен спам хабарламаларды анықтау [Мәтін] / А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Ж.Б. Мырзатаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.440-450. https://doi.org/10.55956/NXZX2857

Кіріспе. Ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы мен интернеттің кеңінен қолданылуы адамдарға жаңа мүмкіндіктермен қатар киберқауіп-қатерлерді де әкелді. Соның ішінде электрондық пошта мен хабар алмасу жүйелеріндегі спам хабарламалар ерекше назар аударуды қажет ететін мәселеге айналып отыр. Спам – бұл қолданушыларға қажетсіз,

жарнамалық немесе зиянды сипаттағы мазмұнды электрондық хаттар немесе хабарламалар, және олар кейде фишингтік шабуылдар, зиянды бағдарламаларды тарату және жеке деректерді ұрлау мақсатында пайдаланылады [1]. Бұл проблема әсіресе үлкен көлемде ақпарат алмасатын компаниялар мен жеке тұлғалар үшін маңызды болып табылады.

Қазіргі уақытта спам хабарламаларды анықтау үшін қолданылатын классикалық әдістер олардың көлемі мен алуан түрлілігіне байланысты жеткіліксіз болып отыр. Қолданушылардың күн сайын алатын хабарламалар санының артуы осы мәселені автоматтандырылған тәсілдермен шешуді талап етеді. Бұл тұрғыда машиналық оқыту алгоритмдері тиімді шешім ұсынады. Машиналық оқыту негізіндегі әдістер деректердің үлгілерін талдау арқылы жаңа спам түрлерін тануға және бейімделуге мүмкіндік береді, осылайша спамды анықтау сапасын жақсартады.

Осы мақалада машиналық оқыту алгоритмдерін қолданып спам хабарламаларды анықтау тәсілдері талқыланады. Зерттеу барысында әртүрлі алгоритмдердің тиімділігі салыстырылып, олардың нақты қолдану салаларында артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады [2]. Мақаланың мақсаты – заманауи машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы спам хабарламаларды анықтаудың тиімді жолдарын ұсыну және бұл саладағы жаңа мүмкіндіктерді ашу.

Зерттеудің маңыздылығы спам хабарламалармен күресудің тиімділігін арттырумен ғана шектелмейді, сонымен қатар ақпараттық қауіпсіздік деңгейін жоғарылатып, қолданушылардың жеке деректерін қорғауға бағытталған алдын алу шараларын күшейтуге де ықпал етеді [3].

Спам хабарламаларды анықтау мәселесі ақпараттық қауіпсіздік саласындағы өзекті зерттеу тақырыптарының бірі болып табылады. Бұл бағытта машиналық оқыту әдістерін қолдану тиімділігі кеңінен зерттелген және көптеген авторлар әртүрлі әдістерді қолдану арқылы спам хабарламаларды анықтау тәсілдерін қарастырған.

Y. Kontsewaya және басқалар [4] өз зерттеулерінде машиналық оқыту әдістерінің спам хабарламаларды анықтаудағы тиімділігін бағалаған. Олар әртүрлі алгоритмдердің нәтижелілігін салыстыра отырып, олардың дәлдігі мен өнімділігін зерттеді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әртүрлі машиналық оқыту модельдері әртүрлі деректер жиынтығына байланысты түрлі нәтижелер көрсете алады, бұл алгоритмдерді нақты қолдану салаларына бейімдеудің қажеттілігін айқындайды. S.D. Gupta және басқалар [5] SMS спамды анықтауда машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы деректерді өңдеу мен классификациялаудың тиімділігін зерттеді. Олардың жұмысы SMS хабарламаларындағы мәтінді талдау арқылы спам хабарламаларды анықтау мәселесін шешуге бағытталған. Олар әртүрлі классификаторларды, соның ішінде Наивті Байес, логистикалық регрессия және шешім ағаштарын қолдана отырып, олардың тиімділігін салыстырмалы түрде бағалады. M.R. Julis және S. Alagesan [6] мәтіндерді өңдеу арқылы машиналық оқыту әдістерінің көмегімен SMS спамды анықтау әдістерін ұсынды. Бұл зерттеу мәтіндік деректерді тиімді өңдеу және спамды анықтаудың нақтылығы мен жылдамдығын арттыру жолдарын ұсынды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, мәтінді талдаудың сапасы спам хабарламаларды анықтаудың дәлдігіне елеулі әсер етеді. Teja Nallamothu мен Shais Khan [7] өздерінің жұмысында спамды анықтауға арналған машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігін зерттеген. Олар машиналық оқыту әдістерін әртүрлі спам түрлеріне бейімдеуге болатындығын көрсетіп, әдістердің өнімділігін жақсарту үшін деректерді

алдын ала өңдеудің маңыздылығын атап өтті. Y. Guo және басқалар [8] екі бағытты трансформерлерді және машиналық оқыту классификаторларын қолдана отырып спамды анықтау әдістерін зерттеді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, трансформерлерді қолдану спамды жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік берді, бұл машиналық оқыту модельдерінің дамуындағы маңызды қадам болып табылады.

S. Gibson және басқалар [9] био-инспирленген метаэвристикалық алгоритмдер арқылы оптимизацияланған машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы спамды анықтау тәсілдерін зерттеді. Бұл зерттеу спамды анықтауда машиналық оқыту алгоритмдерін тиімдірек ету үшін оптимизациялық әдістерді қолданудың артықшылықтарын көрсетті. M. Abdullahi және басқалар [10] кескіндер негізіндегі спам хаттарды анықтауға арналған машиналық оқыту әдістерін шолу жасаған. Олар кескіндердегі спамды анықтауда қолданылатын әдістерді және олардың тиімділігін талдап, әртүрлі әдістердің кемшіліктері мен артықшылықтарын көрсеткен. S. Gadde және басқалар [11] машиналық және терең оқыту әдістерін қолданып SMS спамды анықтау мәселесін шешу жолдарын ұсынды. Бұл зерттеу әртүрлі машиналық оқыту және терең оқыту әдістерінің тиімділігін салыстырып, олардың әртүрлі деректер жиынтықтарында қалай жұмыс істейтінін зерттеді. Q. Yaseen [12] терең оқыту әдістерін қолдана отырып, спам хаттарды анықтауға бағытталған зерттеу жүргізді. Оның жұмысы терең оқыту әдістерінің күрделі деректерді өңдеуге және спамды жоғары дәлдікпен анықтауға қабілетті екендігін көрсетті.

Осы зерттеулерден көрініп тұрғандай, спам хабарламаларды анықтауда машиналық оқыту мен терең оқыту әдістері үлкен мүмкіндіктерге ие. Әрбір әдіс өзінің ерекшеліктері мен артықшылықтарын көрсете отырып, нақты қолдану саласына байланысты түрлі нәтижелер береді. Сондықтан спамды анықтаудың ең тиімді жолын таңдау үшін деректердің түрі, мөлшері және қолдану мақсаты ескерілуі қажет.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеуде SMS Spam Collection Dataset деректер жиынтығы пайдаланылды. Аталған деректер жиынтығы SMS хабарламаларындағы спамды анықтау бойынша зерттеулер жүргізу мақсатында жиналған және тегтелген 5,574 хабарламадан тұрады. Әрбір хабарлама екі бағаннан тұрады: біріншісі (v1) хабарламаның меткасын (спам немесе заңды), ал екіншісі (v2) хабарламаның мәтінін көрсетеді. Хабарламалар жинағы спам (403 хабарлама) және заңды (ham) хабарламалар (5,171 хабарлама) болып бөлінген.

Деректер көзі. SMS Spam Collection Dataset бірнеше дереккөзден жиналған:

– Grumbletext веб-сайтынан 425 спам хабарлама қолмен алынды. Бұл Ұлыбританияның ұялы телефон пайдаланушылары SMS спамға қатысты шағымдарын жариялайтын форумы. Спам хабарламаларды анықтау өте қиын және уақытты қажет ететін тапсырма болды, өйткені жүздеген веб-беттерді мұқият қарап шығу керек болды [13];

– NUS SMS Corpus (NSC) мәліметтер жинағынан 3,375 заңды SMS кездейсоқ таңдалды. Бұл деректер жинағы шамамен 10,000 заңды хабарламалардан тұрады және Сингапур Ұлттық университетінің информатика кафедрасында зерттеу жүргізу үшін жиналған;

– Caroline Tag's PhD диссертациясынан 450 заңды SMS хабарлама қосылды;

– SMS Spam Corpus v.0.1 Big құрамына 1,002 заңды және 322 спам хабарлама кірді.

Алдын ала өңдеу. Зерттеу барысында хабарламаларды тиімді талдау үшін алдын ала өңдеу кезеңі жүргізілді:

1. Төменгі регистрге ауыстыру: Барлық мәтін төменгі регистрге келтірілді, бұл сөздерді бірегей түрде талдауды жеңілдетті [14];

2. Таңбаларды жою: Қаріптік таңбалар, нүктелер, тыныс белгілері және басқа арнайы таңбалар жойылды;

3. Сөздерді түбірге келтіру (stemming) және қосымшаларды жою (lemmatization) әдістері қолданылды. Бұл сөздердің түбірлерін анықтауға және сөз нұсқаларының санын азайтуға мүмкіндік берді.

Машиналық оқыту әдістері. Бұл зерттеуде әртүрлі машиналық оқыту алгоритмдері қолданылды және олардың спам хабарламаларды анықтаудағы тиімділігі бағаланды. Қолданылған негізгі алгоритмдер мыналар:

1. Наивті Байес классификаторы (Naive Bayes): Бұл әдіс шартты тәуелсіздік принципіне негізделген ықтималдықтық әдіс. Наивті Байес классификаторы мәтіндік деректерді өңдеуде және спам хабарламаларды анықтауда кеңінен қолданылады;

2. Логистикалық регрессия (Logistic Regression): Бинарлы классификация үшін қолданылатын әдіс. Логистикалық регрессия спам және заңды хабарламалар арасындағы айырмашылықты анықтауға мүмкіндік береді [15];

3. Қолдау векторлық машиналары (Support Vector Machines, SVM): Бұл әдіс деректерді сызықтық және сызықтық емес бөлетін гипержазықтықты құруға бағытталған. SVM әдісі күрделі деректер құрылымдарымен тиімді жұмыс істейді;

4. Шешім ағаштары (Decision Trees): Деректерді олардың қасиеттеріне байланысты бөлетін иерархиялық құрылым. Бұл әдіс шешім қабылдау ережелерін түсіндіруге жеңіл болғандықтан, спамды анықтауда қолданылады;

5. Рэндом Форест (Random Forest): Бұл бірнеше шешім ағаштарын құру арқылы нәтижені жақсартатын ансамбльдік әдіс. Әр түрлі ағаштардың шешімдерін біріктіру қателіктерді азайтуға және жіктеудің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді;

6. Градиентті Бустинг (Gradient Boosting): Бұл әдіс ағаш құрылымды классификаторларды қайталап қолдану арқылы қателіктерді біртіндеп азайтуды мақсат етеді. Градиентті бустинг күрделі спам үлгілерін тиімді анықтауға мүмкіндік береді [16].

Алгоритмдерді бағалау. Әрбір машиналық оқыту алгоритмі төмендегі бағалау метрикалары бойынша бағаланды:

– Нақтылық (Accuracy): Спам және заңды хабарламаларды дұрыс анықтау пайызы;

– Дәлдік (Precision): Дұрыс анықталған спам хабарламалардың жалпы анықталған спам хабарламаларға қатынасы;

– Еске түсіру (Recall): Дұрыс анықталған спам хабарламалардың жалпы шынайы спам хабарламаларға қатынасы;

– F1-өлшемі (F1-score): Дәлдік пен еске түсіру көрсеткіштерінің орташа гармониясы.

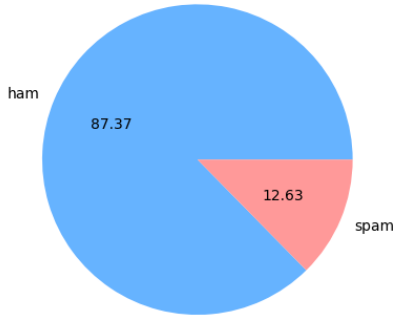
Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, әрбір алгоритмнің нәтижелілігі деректердің сипатына және алдын ала өңдеу әдістеріне байланысты өзгерді. Алынған нәтижелер алдағы уақытта спам хабарламаларды анықтаудың тиімді

әдістерін таңдауға және машиналық оқыту модельдерін жақсартуға мүмкіндік береді [17].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бұл зерттеу спам хабарламаларды анықтау мақсатында әртүрлі мәтіндік деректерді талдау және оларды өңдеу әдістерін қолдануға бағытталды. Осы бөлімде қолданылған әдістердің нәтижелері мен олардан алынған қорытындылар сипатталады.

1. Деректерді зерттеуге шолу.

Деректер жиыны 5169 мәтіндік хабарламадан тұрады, олардың ішінде 4516-сы «ham» (яғни, спам емес) және 653-і спам ретінде таңбаланған. Бұл деректердің бастапқы зерттеулері арқылы спам және «ham» хабарламалардың ерекшеліктерін анықтау мақсатында әртүрлі визуализация әдістері қолданылды. Нәтижелер көрсеткендей, спам хабарламалар жалпы хабарламалар санының шамамен 12,6%-ын құрайды, ал қалған 87,4% «ham» санатына жатады.



Сурет 1. Ham және спам хабарламалардың үлестірілімі

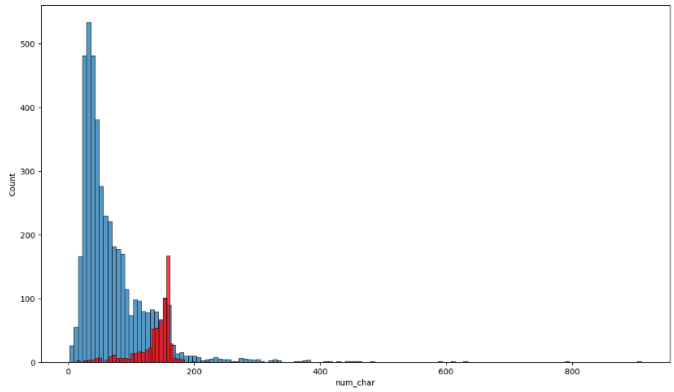
Бұл суретте «ham» және спам хабарламалардың жалпы саны көрсетілген, мұнда «ham» хабарламалардың басым екендігі көрінеді. Бұл ақпарат модельді құру барысында теңсіздік мәселесін шешуді талап етеді, себебі деректердің теңгерімсіздігі алгоритмдердің нәтижелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

2. Деректерді визуализациялау.

Хабарламалардың ұзындығы мен олардың сипаты бойынша талдау жүргізілді. Бұл талдауда «ham» және спам хабарламалардың ұзындығы бойынша ерекшеліктері айқындалды. 2-суретте хабарламалардағы символдар санының «ham» және спам хабарламалар үшін таралуы көрсетілген.

Спам хабарламалар көбіне коммерциялық немесе жарнамалық сипатқа ие болғандықтан, олар «ham» хабарламаларға қарағанда орташа ұзын болады. Бұл факт спам хабарламалардың мәтіндерінде жиі кездесетін түрлі ұсыныстар, акциялар, және жарнамалық мазмұнның болуының нәтижесі ретінде түсіндіріледі.

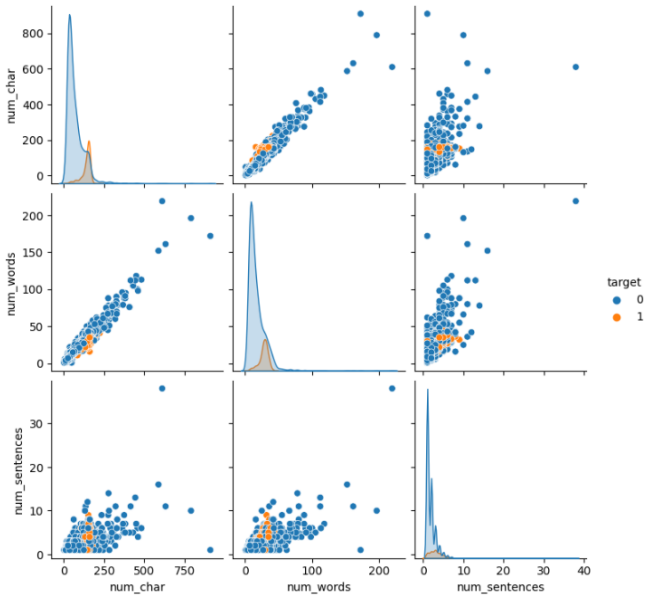
Бұл диаграммада «ham» хабарламалардың орташа ұзындығы шамамен 50-70 символ болса, спам хабарламаларда бұл көрсеткіш 100 және одан да көп символды құрайды. Осы ұзындықтың үлкен болуы спам хабарламалардың жиі жарнамалық сипатта болуына байланысты.



Сурет 2. Хабарламалардың ұзындығы бойынша үлестірілім

3. Жұп диаграмма анализі.

Жұп диаграммалар (pair plot) көмегімен хабарламалардағы негізгі көрсеткіштер арасындағы байланысты анықтау мақсатында талдау жүргізілді (3-сурет). Бұл талдау хабарламаның ұзындығы, сөздер саны, сөйлем саны сияқты көрсеткіштердің спам және «ham» хабарламалар үшін әртүрлі болатынын көрсетеді.



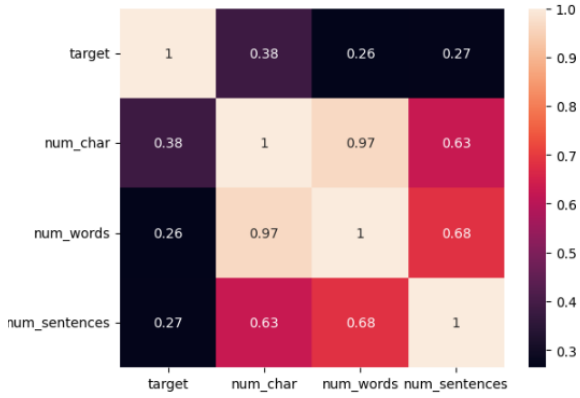
Сурет 3. Жұп диаграммалары арқылы хабарламалар арасындағы байланыстар

Бұл диаграммалар спам және «ham» хабарламалар арасындағы сипаттамалық ерекшеліктерді анықтауға көмектесті. Спам хабарламаларда көбінесе сөйлем саны көп, әрі сөздер саны да жоғары. Бұл ақпарат модель құру барысында ерекшелік белгілерін (features) таңдау кезінде ескерілуі керек.

4. Корреляция матрицасы.

4-суретте әртүрлі көрсеткіштер арасындағы корреляциялық қатынасты анықтайтын корреляция матрицасы көрсетілген. Мақсаты – спам

хабарламаларға тән сипаттамалар арасындағы өзара байланыс деңгейін анықтау.



Сурет 4. Корреляция матрицасы

Бұл матрицада хабарламаның ұзындығы мен сөздер санының арасында оң корреляция бар екенін байқауға болады. Басқаша айтқанда, хабарламада неғұрлым көп сөз болса, оның ұзындығы да соғұрлым жоғары болады. Дегенмен, басқа көрсеткіштер арасындағы корреляция салыстырмалы түрде әлсіз болып шықты, бұл олардың модельдеудегі әсерін шектеулі ететінін көрсетеді.

5. Деректерді алдын ала өңдеу.

Хабарламаларды тиімді талдау және өңдеу үшін мәтіндік деректерді алдын ала өңдеу қадамдары жүзеге асырылды. Төменде қолданылған өңдеу әдістері келтірілген:

1. Барлық мәтінді кіші әріптерге ауыстыру – бұл қадам мәтіндер арасындағы сәйкестікті қамтамасыз ету үшін қолданылды;
2. Токенизация – мәтінді жеке сөздерге бөлу арқылы деректердің құрылымын оңтайландырады;
3. Арнайы символдарды жою – мағынаға қатысы жоқ символдарды алып тастау мәтіннің сапасын арттыруға көмектеседі;
4. Стоп сөздер мен тыныс белгілерді алып тастау – бұл қадам маңызды емес сөздер мен тыныс белгілерін сүзу арқылы модельдің тиімділігін арттырады;
5. Сөздерді түбірге келтіру – сөздерді түбір формасына келтіру арқылы бірдей мағыналы сөздерді стандарттау, яғни бір сөздің әртүрлі формаларын бір мағынаға біріктіру.

Бұл қадамдардың барлығы мәтіндерді ықшамдап, маңызды ерекшеліктерді сақтауға бағытталған.

Бірнеше мысал келтірілгенде, хабарламалардың түпнұсқалық түрі мен алдын ала өңделген нұсқаларының арасында айқын айырмашылықтар байқалады. Мысалы, бастапқыда:

Бастапқы мәтін: «Congrats! Nokia 3650 video camera phone is your Call 09066382422 Calls cost 150ppm Ave call 3mins vary from mobiles 16+ Close 300603 post BCM4284 Ldn WC1N3XX».

Өңделген мәтін: «congrat nokia 3650 video camera phone call 09066382422 call cost 150ppm ave call 3min vari mobil close 300603 post bcm4284 ldn wc1n3xx».

Бұл мысал көрсеткендей, арнайы символдар мен жиі қолданылатын сөздер жойылып, мәтін ықшамдалған және мағыналық тұрғыдан маңызды бөліктер сақталған.

6. Модельдерді оқыту және бағалау.

Өңделген деректер негізінде түрлі машиналық оқыту модельдері құрастырылып, олардың тиімділігі өлшенді (1-кесте). Модельдердің жұмысын бағалау үшін стандартты көрсеткіштер – дәлдік (accuracy), сәйкестік (precision), шақыру (recall), және F1 көрсеткіші (F1-score) пайдаланылды.

Кесте 1

Әр түрлі машиналық оқыту модельдерінің классификация тиімділігінің көрсеткіштері

Модель	Нақтылық (%)	Дәлдік	Еске түсіру	F1-өлшем
Наивті Байес	97,27	0,98	0,89	0,93
Логистикалық регрессия	98,01	0,96	0,95	0,95
SVM	98,76	0,97	0,97	0,97
Шешім ағашы	95,35	0,93	0,93	0,93
Рэндом Форест	97,91	0,96	0,96	0,96
Градиентті Бустинг	97,38	0,94	0,94	0,94

Бұл модельдердің нәтижелері көрсеткендей, спам анықтау үшін Random Forest алгоритмі жоғары дәлдікке ие, бірақ әр модельдің жеке артықшылықтары мен кемшіліктері бар екенін де ескерген жөн.

Қорытынды. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты – әр түрлі машиналық оқыту модельдерін қолдану арқылы мәтіндік хабарламалардың спам екенін анықтауға бағытталған тиімді әдістерді зерттеу. Жүргізілген тәжірибелер мен талдаулардың нәтижесінде алынған қорытындылар, модельдердің ерекшеліктері мен оларды оңтайландыру жолдарын көрсетуге мүмкіндік береді.

Деректер жиынында 5169 мәтіндік хабарлама қамтылды, олардың ішінде тек 653 хабарлама ғана спам ретінде анықталды. Алғашқы талдаулардан хабарламалардың ұзындығы, сөздер саны және сөйлем саны сияқты сипаттамалар бойынша ерекшеліктер байқалды. Бұл ерекшеліктер спам және «ham» хабарламаларды ажыратуда маңызды рөл атқаратын факторлар болып шықты. Осылайша, хабарламалардың ұзындығы мен сөздер саны бойынша байқалған айырмашылықтар классификация үшін маңыздылығын көрсетті.

Деректерді алдын ала өңдеу қадамдары, соның ішінде мәтінді төменгі регистрге ауыстыру, токенизация, арнайы символдар мен жиі қолданылатын сөздерді жою, сондай-ақ сөздерді түбірге келтіру, хабарламаларды ықшамдап, мағынасына қарай маңызды бөліктерді ғана қалдыруға мүмкіндік берді. Бұл қадамдар модельдерді оқыту барысында қолданылатын ерекшеліктердің сапасын арттыруға және модельдердің жалпы өнімділігін жақсартуға ықпал етті. Мысалы, бастапқыда мәтіндер әртүрлі тыныс белгілері мен формаларда болса, өңдеуден кейін олар стандартты пішімге келтірілді, бұл өз кезегінде модельдердің оқу процесін оңтайландырды.

Жүргізілген тәжірибелер барысында бірнеше танымал машиналық оқыту модельдері қолданылды, олардың ішінде Наивті Байес, Логистикалық регрессия, SVM, Шешім ағашы, Рэндом Форест және Градиентті Бустинг

сияқты алгоритмдер бар. 1-кестеде берілген нәтижелер бұл модельдердің әрқайсысының тиімділігін салыстыруға мүмкіндік берді.

SVM алгоритмі барлық көрсеткіштер бойынша жоғары нәтижелер көрсетіп, нақты спам және «ham» хабарламаларды анықтау үшін ең тиімді модель болып табылды. Бұл модельдің жоғары нақтылығы, дәлдігі, еске түсіру және F1-өлшемі оның тұрақты және тиімді жұмысының дәлелі. Сонымен қатар, Логистикалық регрессия мен Рэндом Форест модельдері де жоғары нәтиже көрсетіп, спам классификацияда сенімді балама ретінде пайдалануға болатындығын көрсетті.

Бұл зерттеу нәтижелері мәтіндік деректер негізінде спам хабарламаларды дәл анықтау үшін әртүрлі машиналық оқыту модельдерінің қолданылу мүмкіндіктерін көрсетеді. Әрбір модельдің артықшылықтары мен кемшіліктері бар, мысалы, SVM алгоритмі жоғары дәлдік көрсетсе де, есептеу күрделілігі жоғары болып келуі мүмкін. Шешім ағашы салыстырмалы түрде қарапайым және тез нәтиже береді, бірақ оның нақтылығы төмен болуы мүмкін.

Келешектегі зерттеулерде модельдердің өнімділігін одан әрі арттыру мақсатында гиперпараметрлерді оңтайландыру әдістерін қолдану, мәтіндік деректердің жаңа ерекшеліктерін қосу және ансамбльдік әдістерді (мысалы, бірнеше модельдерді біріктіру) қарастыру қажет болады. Сондай-ақ, деректердің теңгерімсіздігін шешу үшін SMOTE сияқты техникаларды пайдалану арқылы өнімділікті жақсарту мүмкіндігін зерттеу маңызды.

Бұл зерттеудің нәтижелері коммерциялық ұйымдар мен жеке қолданушыларға спам хабарламаларды тиімді түрде анықтап, қажетсіз ақпараттан қорғауға көмектеседі. Мұндай шешімдер клиенттердің уақытын үнемдеп, жұмыс тиімділігін арттырады, сондай-ақ алаяқтық әрекеттердің алдын алуға ықпал етеді. Осы зерттеуде қарастырылған модельдер мен әдістер нақты жүйелерге енгізіліп, электрондық пошта, әлеуметтік желілер немесе SMS арқылы таратылатын спам хабарламаларды сүзу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Бұл зерттеу мәтіндік хабарламаларды спам ретінде тиімді түрде анықтаудың әртүрлі әдістерін зерттеуге бағытталған. Әртүрлі машиналық оқыту модельдерін қолдану арқылы алынған нәтижелер олардың әрқайсысының тиімділігі мен шектеулерін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл зерттеу қолданылатын модельдерді жетілдіру және деректерді алдын ала өңдеу әдістерін жақсарту арқылы болашақта спам классификациясында жоғары дәлдікке қол жеткізуге көмектеседі.

Әдебиеттер тізімі

1. Kumar N. et al. Email spam detection using machine learning algorithms //2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). – IEEE, 2020. – P. 108-113.
2. GuangJun L. et al. Spam detection approach for secure mobile message communication using machine learning algorithms //Security and Communication Networks. – 2020. – Vol. 2020. – No. 1. – P. 8873639.
3. Siddique Z.B. et al. Machine Learning-Based Detection of Spam Emails //Scientific Programming. – 2021. – Vol. 2021. – No. 1. – P. 6508784.
4. Kontsewaya Y., Antonov E., Artamonov A. Evaluating the effectiveness of machine learning methods for spam detection //Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 190. – P. 479-486.

5. Gupta S.D., Saha S., Das S.K. SMS spam detection using machine learning //In Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 1797. – No. 1. – P. 012017.
6. Julis M. R., Alagesan S. Spam detection in SMS using machine learning through textmining //Internatıonal Journal Of Scıentıfic & Technology Research. – 2020. – Vol. 9. – No. 02.
7. Teja Nallamothu P., Shais Khan M. Machine learning for SPAM detection //Asian Journal of Advances in Research. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 167-179.
8. Guo Y., Mustafaoglu Z., Koundal D. Spam detection using bidirectional transformers and machine learning classifier algorithms //journal of Computational and Cognitive Engineering. – 2023. – Vol. 2. – No. 1. – P. 5-9.
9. Gibson S. et al. Detecting spam email with machine learning optimized with bio-inspired metaheuristic algorithms //Ieee Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 187914-187932.
10. Abdullahi M. et al. A Review on Machine Learning Techniques for Image Based Spam Emails Detection //2020 IEEE 2nd International Conference on Cyberspac (CYBER NIGERIA). – IEEE, 2021. – P. 59-65.
11. Gadde S., Lakshmanarao A., Satyanarayana S. SMS spam detection using machine learning and deep learning techniques //2021 7th international conference on advanced computing and communication systems (ICACCS). – IEEE, 2021. – Vol. 1. – P. 358-362.
12. Yaseen Q. et al. Spam email detection using deep learning techniques //Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 184. – P. 853-858.
13. Sethi M. et al. Spam email detection using machine learning and neural networks //Sentimental Analysis and Deep Learning: Proceedings of ICSADL 2021. – Springer Singapore, 2022. – P. 275-290.
14. Srinivasan S. et al. Spam emails detection based on distributed word embedding with deep learning //Machine intelligence and big data analytics for cybersecurity applications. – 2021. – P. 161-189.
15. Mashaleh A. S. et al. Detecting spam email with machine learning optimized with Harris Hawks optimizer (HHO) algorithm //Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 201. – P. 659-664.
16. Mashaleh A. S. et al. Detecting spam email with machine learning optimized with Harris Hawks optimizer (HHO) algorithm //Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 201. – P. 659-664.
17. Kaddoura S., Alfandi O., Dahmani N. A spam email detection mechanism for English language text emails using deep learning approach //2020 IEEE 29th international conference on enabling technologies: infrastructure for collaborative enterprises (WETICE). – IEEE, 2020. – P. 193-198.

Материал редакцияға 15.10.24 түсті.

А.Б. Абен[1], Н.М. Жунисов[1], Ж.Б. Мырзатаев[1]

[1]Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

ОБНАРУЖЕНИЕ СПАМ-СООБЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Данное исследование анализирует методы обнаружения спама с помощью автоматической классификации текстовых сообщений. Целью исследования было оценить эффективность моделей машинного обучения и исследовать их применимость в системах фильтрации спама. Этапы предварительной обработки включали преобразование сообщений в нижний регистр, токенизацию, удаление специальных символов и знаков препинания, исключение распространенных слов и стемминг. Эти шаги помогли выделить важную информацию из сообщений и улучшить качество классификации.

В ходе исследования были протестированы такие модели, как Наивный Байес, Логистическая регрессия, SVM, Дерево решений, Случайный лес и Градиентный бустинг. Результаты показали, что модель SVM достигла наивысших показателей по всем метрикам, в то время как модели Случайного леса и Логистической регрессии также продемонстрировали высокую эффективность. Эти модели достигли более 95% в точности, точности, полноте и F1-мере.

Результаты исследования демонстрируют эффективность методов машинного обучения в классификации текстовых данных и указывают на их потенциальное применение в реальных системах, таких как фильтрация сообщений, получаемых по электронной почте или SMS. В будущем планируется оптимизация гиперпараметров и применение усовершенствованных методов обработки текстовых данных для повышения производительности моделей.

Ключевые слова: машинное обучение, фильтрация спама, классификация текстов, Наивный Байес, логистическая регрессия, модель SVM, предварительная обработка данных, градиентный бустинг.

A.B. Aben[1], N.M. Zhunissov[1], Zh,B. Myrzatayev[1]

[1]Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

DETECTION OF SPAM MESSAGES USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Abstract. This study analyzes methods for detecting spam through the automatic classification of text messages. The aim of the research was to evaluate the effectiveness of machine learning models and to explore their applicability in spam filtering systems. Preprocessing steps included converting messages to lowercase, tokenization, removing special characters and punctuation, eliminating common words, and stemming. These steps helped to highlight important information from the messages and enhance the quality of classification.

During the study, models such as Naive Bayes, Logistic Regression, SVM, Decision Tree, Random Forest, and Gradient Boosting were tested. The results showed that the SVM model achieved the highest metrics across all measures, while the Random Forest and Logistic Regression models also demonstrated high effectiveness. These models attained over 95% in accuracy, precision, recall, and F1-score.

The findings of the research demonstrate the effectiveness of machine learning techniques in classifying textual data and indicate their potential application in real-world systems, such as filtering messages received via email or SMS. Future work aims to optimize hyperparameters and apply advanced methods for processing textual data to enhance the performance of the models.

Keywords: machine learning, spam filtering, text classification, Naive Bayes, logistic regression, SVM model, data preprocessing, gradient boosting.

IRSTI 28.23.35

L.A. Sugurova[1] – *main author*,
Zh.A. Issakulova[2], Zh.A. Sugur[3], M.B. Tolganbaeva[4]

[1]Phd, Associate Professor, [2]Master of engineering, [3.4]Phd student

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-4784-9952 [2]https://orcid.org/0000-0002-5982-8983*
[3]https://orcid.org/0009-0005-5255-4456

[1,2]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[3]L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[4]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

@ *[1]sla-taraz@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/JNPI2304

CREATION OF A SYSTEM FOR OPTIMAL CONTROL OF THE STATE OF PROCESS EQUIPMENT FOR PHOSPHORUS PRODUCTION

Abstract. The purpose of this work is to develop an intelligent system of optimal control of the technological process of yellow phosphorus production and a subsystem of operational diagnostics of the state of technological equipment. Methods of mathematical modelling, methods of experiment planning, methods of fuzzy modelling, methods of creation and training of neural networks and neural network algorithms were used in the course of research. On the basis of the performed research the following is proposed: a three-stage procedure for the development of intellectual or hybrid models of the object control process; synthesised intellectual model of optimal control of the process of electric smelting of phosphorite charge and investigated the intellectual models for adequacy, stability, unambiguity and sensitivity. The methodology of creation of subsystem of operative diagnostics of the state of process equipment as a part of ACSPP operating at NDFZ is offered.

Keywords: intelligent technology, neural networks, fuzzy logic, hybrid model, phosphate production, control system.

Sugurova L.A., Issakulova Zh.A., Sugur Zh.A., Tolganbaeva M.B. Creation of a system for optimal control of the state of process equipment for phosphorus production //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.451-457. https://doi.org/10.55956/JNPI2304

Introduction. In the conditions of market economy the problem of development of methods and tools for creation of intellectual systems of optimal control of technological processes, which significantly increase economic efficiency, is urgent.

In our opinion, it is most effective to use intelligent technologies in combination with classical methods of process control. At the same time, it is possible to combine the advantages of traditional methods, technologies and algorithms with the mathematical apparatus of artificial intelligence theory. Such a system is called a hybrid control system.

We propose to test the developed methods and tools to create intelligent technologies for controlling the most complex technological process -

electrophosphorus smelting. After all, even a slight improvement in the performance of this process can lead to significant economic and environmental consequences. In addition to the requirements for high economic efficiency, attention is paid to the quality of products, which cannot be achieved without the use of management methods based on modern intelligent technologies.

Materials and methods. *Methodology for creating intelligent control systems.* The development of optimal process control model is understood as a chain of process model structure development → *Experimental research on the object → Model identification → Optimisation problem setting → Optimisation method selection → Development of optimal control algorithm.*

This traditional approach assumes that creating an optimal management system e is always a long, costly and successful way of doing things.

With the help of intelligent technologies, you can quickly solve such problems. The point is that artificial intelligence methods involve the use of knowledge, experience and intuition of human experts familiar with the subject area. In other words, the so-called 'ready knowledge' effect is used here. On the contrary, since the development of mathematical models, the main component of the system, is a process of generating 'new knowledge', theoretical research is time-consuming and experimental research and model identification are labour-intensive [1].

The transfer of "ready knowledge" from human experts to the knowledge base of intelligent systems greatly simplifies the creation of intelligent systems and simplifies their operation.

This paper proposes a three-stage procedure for creating an optimal process control system using the main idea of this research and the development of an accessible smart technology method.

At the first stage the a priori study of technical characteristics of the control object is carried out on the basis of literature sources, periodicals and factory technical documentation.

In the second step, a model of the management process is developed. With the help of experienced specialists, the basic control objectives (analogues of target functions in optimisation problems) are determined. The main task of the second stage is to compile a design matrix for a full factorial experiment (FFE). For example, using 2 input variables, the PFE design matrix shown in Table 1 can be generated.

Table 1

TFE planning matrix

No. of experiment	X_1	X_2	$Y^э$ expert judgement
1	0.0	0.0	
2	0.0	0.5	
. . .			
8	1.0	0.5	
9	1.0	1.0	

The values: 0.0; 0.5; 1.0 mean the minimum, average and maximum values of input variables X1 and X2. Experts can only set the value of the output variable in the range from 0.0 to 1.0 (control action), taking into account their own experience, knowledge and intuition.

Normalisation of input and output variables in the range from 0 to 1 is performed according to the following formula:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

where: $\bar{x}$ – normalised (from 0 to 1) value of the input or output variable; x – current value of the variable; x_{min}, x_{max} – minimum and maximum value of the variable.

The PFE design matrix can be used to create control models using four different methods: planning experiments, fuzzy algorithms, neural networks, neurofuji networks and hybrid models [2].

At the third stage, the created management model is investigated. The resulting model is scrutinised and analysed for sensitivity, stability and clarity. For this purpose, we simulate the management process with various changes in input variables, construct curves of changes in output variables as input variables change and analyse them with the involvement of experts.

After the study of the models obtained by different methods is completed, a comparative analysis of their validity is carried out.

The most suitable model should be simulation tested under current production conditions. At the same time, the actual input variables obtained from the measuring device of the industrial equipment are fed to the model input, and the modelling results (output control variables) are compared with the control values actually performed by experienced process operators.

For this purpose, the models are used to calculate output variables at the values of input variables taken from the PFE planning matrix and compared with the estimates given by the expert. After that, a comparison matrix is formed (see Table 2), which allows to calculate the magnitude of modelling error in different ways. For example, the absolute error in per cent is calculated by the formula:

$$\delta = 100 \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} | Y^э - Y^р | \quad (2)$$

where, $Y^э$ and $Y^р$ – experimental and calculated values of output variables, respectively.

The absolute error is calculated for the models obtained by four different methods and then their comparative analysis is performed. The model with the lowest absolute error is considered to be the most adequate.

Specific features of yellow phosphorus production technology as a control object. The charge for electrophosphorus distillation consists of fillers, siliceous raw materials and coke from the glomerator plants, which are prepared in the drying and crushing departments. The charge for electrophosphorus distillation consists of the following components:

a) Sinter is the product of the calcination of the fine fraction of phosphorite in the sintering machine and is the main component of the charge, which contains phosphorus in the form of $Ca_3(PO_4)_2$;

b) Coke – coal coke with grain size 0.003-0.016 microns (3-16 mm) is dried at a moisture content of 1% or less and used as part of the charge for furnaces. Coke contains at least 83% carbon and plays the role of a phosphorus reducing agent in the electric distillation process. In order to obtain the required amount of

coke, other reducing agents such as stoichiometric blast furnace coke, petroleum coke semi-coke can be used to reduce the content of P_2O_5 and impurities (Fe_2O_3, CO_2, H_2O, SO_2) contained in the raw material by 50, 75, 50 and 40 % respectively. To ensure the integrity of the reduction reaction, coke is introduced in quantities exceeding 3% of the stoichiometry.

If there is a shortage of reducing agents, phosphorus loss due to slag increases and the lining of the electric furnace is subjected to severe wear. An excess of reducing agent leads to an increase in the electrical conductivity of the charge, resulting in high electrode seating, upward displacement of the reaction zone, impeded slag release, increased furnace gas temperature, and so on;

c) Siliceous raw material – plays the role of flux in the charge and reduces its melting temperature. Phosphates with a high content of siliceous flux are used as siliceous raw materials, dried in such a way that the moisture content is 1% or less. The amount of flux introduced into the charge is determined by calculating the formation of slag with an acidity coefficient of 0.76-0.95 [3].

Excess or lack of flux in the charge leads to higher slag melting temperature, higher specific furnace power consumption and lower furnace productivity.

The process of phosphorus reduction is endothermic and takes place at a temperature of 1350-1500°C. The products of the process of yellow phosphorus production by reduction of phosphates with carbon in the presence of silica in the ore thermal furnace are furnace gases, slag and ferrophosphorus. Increasing the moisture content of the charge component leads to an increase in hydrogen content, loss of phosphorus, increase in the volume of furnace gases and additional energy consumption [4].

From the description of the phosphorus electro-melting technology, the following characteristics can be identified as a control objective:

– Significant inertia of the electromelting process due to the large volume of raw materials used;

– Large volume of silos and hoppers, resulting in significant delays in the respective control channels;

– Wide range of blast furnace components: Phosphite, fine agglomerate, fine quartzite, dust, coke;

– Uneven composition of charge components in ore hoppers.

On the one hand, the electric smelting process is not complicated in terms of charge preparation. The optimum charge composition is known from a pre-calculated charge calculation based on equilibrium equations. The charge enters the furnace when it is melted. The diversity of the electrothermal method is due to the fact that the products of the reduction reaction, namely gases containing phosphorus, slag consisting of calcium and magnesium silicates and pure phosphorus in the form of ferrophosphorus, condense from the gas and are obtained in pure form (99.5%) [5].

The main difficulties in the preparation of the wafers are caused by the disturbing effect of unregulated (but controlled) quantities of loading: fine flake fractions, coke, siliceous raw materials.

According to the formulation of this problem, the 3 – level hierarchical structure of the optimal control system of yellow phosphorus production will have the form shown in Figure 1.

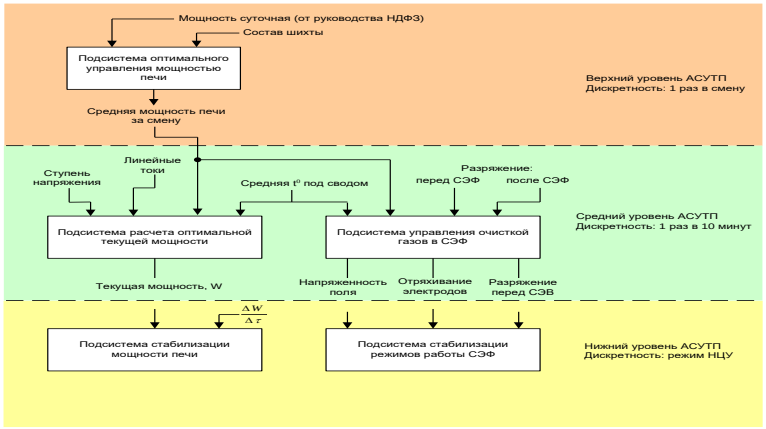


Fig. 1. Three-level hierarchical structure of the system of optimal control of the yellow phosphorus production process

At the top level of the control system, an intelligent subsystem calculates the optimal charge composition and furnace capacity for the current shift. Two subsystems operate at the middle level of the automated control system: a subsystem for calculating the optimal current capacity of the furnace and a subsystem for controlling the purification of furnace exhaust gases in dry electrostatic precipitators (ESPs). At the lower level of the automatic control system, the furnace power stabilisation system loads or raises the stabilisation electrodes, which stabilises the operating parameters of the furnace, which are calculated at the average level. Thus, the addition of a mid-level to the automatic control system allows the temperature under the furnace vault to be stabilised, resulting in reduced phosphorus losses due to off-gases after the condenser [6].

Research results and discussion. Formation of the design matrix for the full factor experiment. The main task in developing a control model is to formulate a design matrix for a Full Factor Experiment (FFE). The effectiveness of the entire control system depends on the quality of the FFE matrix. The FFE planning matrix should reflect the experience, knowledge and intuition of the technical specialists, i.e. the operators who work for a long time on the ore thermal phosphate furnace.

The table shows a fragment of the PFE planning matrix for four input and one output variable.

Table 2

TFE planning matrix for the middle management subsystem

Input variables					Output variable
No. of exp.	Voltage level, X_1	Linear currents, X_2	Crosshead height, X_3	Temperature under the vault, X_4	Current voltage, Y
1	0.0	0.5	0.0	0.5	0.76
2	0.5	0.5	0.0	0.5	0.53
3	1.0	0.5	0.0	0.5	0
. . .					
80	0.5	1.0	1.0	1	0.63
81	1.0	1.0	1.0	1	0.07

The PFE scheduling matrix can be used to develop control models in four ways: planning experiments, fuzzy modelling, neural network method and

neurofuzzy method, depending on the temperature, voltage phase, linear value of flow rate and transverse height of electrodes under the furnace vault and current expertise in energy management.

Utilisation perspective. Development of an intelligent control model (algorithm). The intellectual model (algorithm) of controlling the process of yellow phosphorus production at the middle level of automatic control system was developed using three methods: fuzzy modelling, neural network method and neurofuji algorithm. The fuzzy model was developed using the graphical tool of Matlab system.

Comparative analysis of models for adequacy. We perform a comparative analysis of the adequacy of intelligent models and evaluate their sensitivity, visibility and stability. The results of the study of intelligent control models at the middle level of automated process control systems are summarised in the table below.

Table 3

Simulation results of intelligent models

No. of experimentation	Fuzzy logic	Neural network	Neuro-fuzzy network	Correct answer Y
1	0.76	0.76357	0.76	0.76
2	0.53	0.53443	0.53	0.53
. . .				
80	0.63	0.57944	0.63	0.63
81	0.07	0.064694	0.07	0.07
Error, %	0.3%	2.9%	0.2%	

The analysis of the table showed that the use of design of experiments is not possible due to unacceptably high values of absolute error. Intelligent models showed their advantages: from 0.2% to 2.9% the Neural Fuzzy Networks method was the best (0.2%).

Conclusion. Thus, the conducted research shows high efficiency of control algorithms obtained using artificial intelligence methods. Compared to classical methods of building analytical and statistical models, methods based on expert knowledge, experience and intuition provide optimal control systems for complex technological processes. At the same time, the assessment of reliability of intelligent models is an order of magnitude higher than in traditional modelling.

References

1. Suleymenov, B.A. Intellektual'nyye i gibridnyye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami [Intelligent and hybrid control systems for technological processes]. – Almaty: Shikula, 2009. – 304 p. [in Russian].
2. Suleymenov, B.A., Mutanov, G.M., Suleymenov, A.B. Intellektual'nyye sistemy upravleniya: teoriya, metody, sredstva [Intelligent control systems: theory, methods, tools]. – Almaty: Kazak University, 2012. – 223 p. [in Russian].
3. Tekhnologicheskiy reglament tsekha po proizvodstvu zheltogo fosfora dlya TOO «Kazfosfat» NDFZ [Technological regulations for the yellow phosphorus production shop for Kazphosphate LLP NDFZ]. – L.: Len Research Institute Giprokhim, 1987. – 187 p. [in Russian].
4. Yershov, V.A. Issledovaniye protsessa elektrotermicheskoy pererabotki fosforitov Karatau [Study of the process of electrothermal processing of Karatau phosphorites]. – L.: Lensovet LTI, 1973. – 236 p. [in Russian].
5. Suleimenov B.A., Sugurova L.A., Suleimenov A.B., Suleimenov A.B., Zhirnova O.V. Synthesis of the equipment health management system of the turbine units' of thermal power stations //Mechanics and Industry. – 2018. – Vol. 19 (2). – P. 209

6. Suleimenov B., Sugurova L., Suleimenov A., Suleimenov A. Neuro fuzzy model for equipment health management in yellow phosphorus production process //Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12. –Sp.is. 6. – P. 7889-7896.

Material received on 30.11.24.

Л.А. Сугурова[1], Ж.А. Исакулова[1], Ж.А. Сугур[2], М.Б. Толганбаева[3]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ., Қазақстан
[3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ФОСФОР ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ ЖАҒДАЙЫН ОҢТАЙЛЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

Аңдатпа. Бұл жұмыстың мақсаты сары фосфор өндірісінің технологиялық процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды жүйесін және технологиялық жабдықтың жай-күйін жедел диагностикалаудың ішкі жүйесін әзірлеу болып табылады. Зерттеу барысында математикалық модельдеу әдістері, экспериментті жоспарлау әдістері, анық емес модельдеу әдістері, нейрондық желілер мен нейрондық желі алгоритмдерін құру және оқыту әдістері қолданылды. Зерттеу негізінде: нысанды басқару процесінің интеллектуалды немесе гибридті модельдерін әзірлеудің үш сатылы процедурасы ұсынылған; фосфорит шихтасын электрмен балқыту процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды моделі синтезделді және зияткерлік модельдердің барабарлығына, тұрақтылығына, бірегейлігі мен сезімталдығына зерттеу жүргізілді. ҚҚҚ-ға әсер ететін АСУТП құрамындағы технологиялық жабдықтың жай-күйін жедел диагностикалаудың кіші жүйесін құру әдістемесі ұсынылды.

Тірек сөздер: интеллектуалды технологиялар, нейрондық желілер, бұлыңғыр логика, гибридті модель, фосфат өндірісі, басқару жүйесі.

Л.А. Сугурова[1], Ж.А. Исакулова[1], Ж.А. Сугур[2], М.Б. Толганбаева[3]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[3]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОРА

Аннотация. Целью данной работы является разработка интеллектуальной системы оптимального управления технологическим процессом производства желтого фосфора и подсистемы оперативной диагностики состояния технологического оборудования. В ходе исследования использовались методы математического моделирования, методы планирования эксперимента, методы нечеткого моделирования, методы создания и обучения нейронных сетей и нейросетевых алгоритмов. На основе проведенного исследования предложена: трехэтапная процедура разработки интеллектуальных или гибридных моделей процесса управления объектом; синтезирована интеллектуальная модель оптимального управления процессом электроплавки фосфоритной шихты и проведено исследование интеллектуальных моделей на адекватность, устойчивость, однозначность и чувствительность. Предложена методология создания подсистемы оперативной диагностики состояния технологического оборудования в составе АСУТП, действующей на НДФЗ

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, нейронные сети, нечеткая логика, гибридная модель, производство фосфатов, система управления.

МРНТИ 50.10.01

М.Ш. Джунисбеков[1] – *основной автор*, **Л.А. Сугурова[2], Ж.А. Иссакулова[3], Е.А. Ізмуханов[4]**

[1]*Канд. техн. наук, профессор,* [2]*PhD, ассоц. профессор,* [3]*Магистр,* [4]*Магистрант*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-4784-9952* [2]*https://orcid.org/0000-0002-5383-8400* [3]*https://orcid.org/0000-0002-5982-8983*

[1,2,3,4]*Таразский университет им. М.Х. Дулати,*

г. Тараз, Казахстан

@ [1]sla-taraz@mail.ru

©

https://doi.org/10.55956/PCWN2971

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ВВОДА-ВЫВОДА ДАННЫХ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Согласно выбранной теме, объектом исследования является интерфейс ввода-вывода компьютерной системы. Предметом данного исследования является базовая структура, принципы построения и конфигурации интерфейсных схем для ввода и вывода данных компьютерных систем, а также их основные параметры и характеристики. В процессе написания работы использовались следующие методы исследования: изучение и анализ научно-технической литературы; изучение и обобщение отечественных и зарубежных периодических изданий и статей. Практическая значимость данного исследования заключается в возможности использования результатов исследования для построения и организации интерфейсов ввода-вывода для институциональных персональных компьютеров. Как уже упоминалось, актуальность выбранной темы работы объясняется всеобщей компьютеризацией общества Республики Казахстан, основанной на использовании автоматизированных информационных систем с высокоскоростными качественными интерфейсами ввода-вывода.

Ключевые слова: интерфейс, микропроцессор, интерфейс ввода-вывода, управление, МПС, шина данных.

Джунисбеков, М.Ш. Разработка интерфейса ввода-вывода данных в микропроцессорной системе управления [Текст] / М.Ш. Джунисбеков, Л.А. Сугурова, Ж.А. Иссакулова, Е.А. Ізмуханов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.458-467. https://doi.org/10.55956/PCWN2971

Введение. *Аппаратная структура и назначение основных функциональных узлов микропроцессорной вычислительной системы.* Вычислительная система (ВС) может содержать несколько процессоров, различающихся по своей функциональности [1]. Центральный процессор используется для выполнения вычислений, заданных оператором – абонентом, периферийный процессор используется для управления в вводом и выводом данных, управляющий процессор используется для обработки информации от объекта управления, специальный процессор используется для решения определенных типов задач и т.д.

Под микропроцессорной системой (МПС) понимается вычислительная система или система управления, построенная на наборе микропроцессоров [2,3]. Вычислительная система – это взаимосвязанный набор компьютерного оборудования, как программного, так и аппаратного, который содержит по меньшей мере 2 процессора или ЭВМ, и по меньшей мере 1 из этих процессоров выступает в качестве основного, центрального (CPU). В свою очередь, основным рабочим элементом вычислительного устройства, является центральный процессор, который состоит из арифметико-логического блока (АЛУ) и устройства управления, а иногда и внутренней памяти [4]. По мере того как функции вычислительных систем становятся все более распределенными и автономными, понятие «центральный процессор» приобретает более широкое толкование.

Назначение компьютерной техники – вводить, хранить, обрабатывать, передавать и выводить информацию [5]. Таким образом, с информацией выполняются следующие действия: ее можно создавать, отправлять, запоминать, искать, получать, копировать, обрабатывать и уничтожать.

На рисунке 1 представлена обобщенная схема вычислительной системы МПС, широкая стрелка указывает на поток входных и выходных данных и адрес, а тонкая стрелка указывает на поток управляющих сигналов.

Информация, подлежащая обработке, поступает от оператора с помощью устройства ввода (Uvv) или, в случае системы управления, от датчика, которым необходимо управлять.

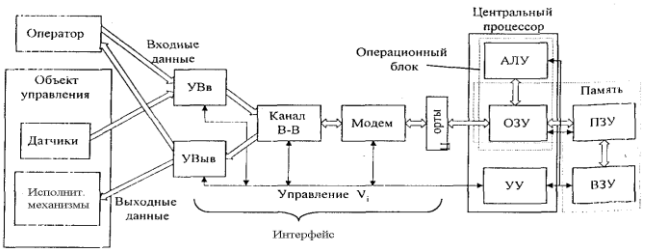


Рис. 1. Обобщенная структурная схема вычислительной системы МПС

Результат обработки информации – выходные данные, преобразуются с помощью устройства вывода (УВВ) в форму, удобную для восприятия оператором или исполнительным органом объекта управления. В АСУ устройством вывода может быть 1 или более цифроаналоговых преобразователей.

Обмен информацией в микропроцессорной системе. Организация маршрутов передачи информации. На рисунке 2 показана схема логической структуры микропроцессорной системы. Вычислительный (управляющий) МПС – это набор МП, RAM и ROM памяти, а также УВв и УВыв карты, предназначенные для работы с оператором или другой электронной системой [6]. Система МП также включает в себя блок устройств, ИК – устройство управления информацией, которое преобразует все сигналы связи и сигналы УВЧ различных типов в стандартный формат. Микросхема имеет стандартный интерфейс на стороне подключения к информационной магистрали, состоящей из адресных, информационных и управляющих магистралей (MA, MD, MU), и нестандартный интерфейс на стороне УВВ.

Для обеспечения совместимости процессора и интерфейса УВВ и гибкости подсистемы ввода-вывода МПС в микросхему был встроен

подключаемый адаптер, а в микросхему был встроен периферийный адаптер для УВВ с последовательной передачей кода и двунаправленным управлением потоком данных, а также параллельным кодированием. Адаптер был встроен в программное обеспечение. Программное обеспечение легко настраивается.

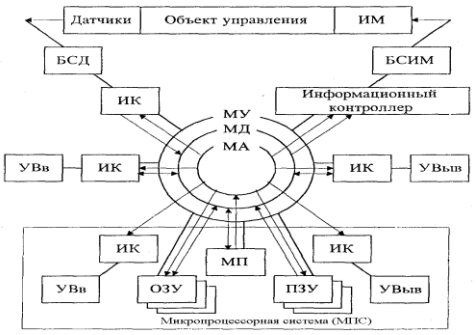


Рис. 2. Логическая структура микропроцессорной системы управления

Условия и методы исследований. *Аппаратное обеспечение, поддерживающее системы прерываний.* Самый простой способ реально выполнить такую задачу – использовать метод, называемый ввод-вывод [7,8], который управляется программой. Для выполнения операций ввода-вывода вам нужна машинная команда, которая проверяет состояние флага и передает данные между процессором и устройством ввода-вывода. Эти команды аналогичны командам для передачи данных между процессором и памятью.

На рисунке 3 показаны регистры ПДП контроллера, используемые процессором для инициирования операций передачи данных. Два регистра предназначены для хранения начального адреса и счетчика слов. Третий содержит информацию о состоянии и управляющие флаги. Цифры R/W в этом регистре определяют направление передачи. Если команда программы установит это значение равным 1, контроллер выполнит операцию чтения. В противном случае выполните операцию записи. На рисунке 4 показан пример использования прямого доступа к памяти в компьютерной системе.

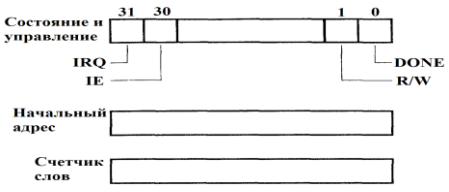


Рис. 3. Регистры интерфейса ПДП



Рис. 4. Использование ПДП контроллера в компьютерной системе

Контроллер ПДП подключает компьютерную шину к высокоскоростной сети. Кроме того, контроллер, управляющий двумя дисками, имеет встроенную функцию ПДП и поддерживает 2 канала передачи данных. Вы можете выполнить 2 независимые операции прямого доступа к памяти, как если бы каждый диск содержал свой собственный ПДМ контроллер. Для этого контроллер имеет 2 набора регистров,

предназначенных для хранения адресов в памяти, и по 1 счетчику слов для каждого устройства.

Чтобы начать передачу блоков данных из основной памяти на один из дисков, программа записывает адрес и значение счетчика слов в регистр соответствующего ПДП канала на контроллере диска. Кроме того, он предоставляет контроллеру информацию, которая позволяет ему идентифицировать данные в будущем, когда их необходимо будет считывать с диска. Затем ПДП контроллер выполняет указанную операцию независимо от процессора. После завершения, цифра завершения устанавливается в регистр состояния и управления канала ПДП. Если бит IE на этом этапе равен 1, контроллер отправляет запрос на прерывание процессору и устанавливает бит IRQ. Процессор и ПДП контроллер, в свою очередь, обращаются к памяти. Запросы от ПДП устройств, использующих шину, всегда имеют более высокий приоритет, чем запросы от процессоров. Высоко скоростные внешние устройства, такие как диски, высокоскоростные сетевые интерфейсы и графические дисплеи, имеют наивысший приоритет среди ПДП устройств. По скольку большинство циклов доступа к памяти инициируются процессором, можно сказать, что ПДП контроллер «крадет» их у процессора. Метод чередования, используемый в этом случае, называется захватом циклов. В качестве альтернативы контроллеру ПДП может быть предоставлен эксклюзивный доступ к основной памяти для бесперебойной передачи блоков данных. Этот режим называется блочным или пакетным режимом.

Результаты исследований. Интерфейсы RS232, RS485 и RS422 являются наиболее широко используемыми последовательными интерфейсами. За годы их использования было разработано большое количество продуктов, элементных и программных модулей. Стандарты этих интерфейсов имеют статус рекомендательных, поэтому часто возникают проблемы при подключении продуктов разных производителей. Благодаря очень простой реализации эти проблемы легко решаются.

Популярность интерфейсов RS232, RS485 и RS422 зависит от низкой стоимости портов и кабелей и стабильности использования этих стандартов различными производителями в различных технических областях. Поддерживаются асинхронный и синхронный режимы обмена данными.

Интерфейс RS232 встроен в однополярную линию передачи данных. Поэтому его производительность и максимальная длина кабеля невелики. RS232 используется для подключения периферийных устройств к персональному компьютеру. Подключение кабеля к этому интерфейсу является недорогим и позволяет использовать отдельные линии для установления связи, синхронизации и прерывания. Поскольку RS232 является радиальным интерфейсом, понятие адреса отсутствует. Эти факторы способствуют повышению эффективности взаимодействия с системами сбора данных и периферийными устройствами (табл. 1).

Интерфейсы RS485 и RS422 реализованы на дифференциальных линиях связи. Их помехоустойчивость очень высока. Обычно используется кабельная ферма с волновым сопротивлением 120 Ом. Согласующий резистор следует размещать в конце линии. Из-за низкой скорости передачи данных активная система согласования не используется. Длина линии RS485 может достигать 1 километра. Интерфейс RS422 является «облегченной» версией RS485. Это уменьшило выходной ток передатчика и, следовательно, его нагрузочную способность. Для улучшения этих параметров используется

повторитель данных. Пример реализации интерфейсов RS232, RS485 и RS422 показан на рисунке 5.

Таблица 1

Название и назначение сигнала интерфейса RS232C

Наименование*	Назначение
PG (Protected Ground)	Защитная земля
SG (Signal Ground)	Сигнальная земля
TD (Transmit Data)	Данные. От контроллера к оконечному устройству
RD (Receive Data)	Данные. От оконечного устройства к контроллеру
RTS (Request To Send)	Запрос передачи данных. Сигнал готовности данных для передачи из контроллера к оконечному устройству. В полудуплексном режиме используется для управления направлением передачи данных
CTS (Clear To Send)	Готовность регистра приема оконечного устройства
DSR (Data Set Ready)	Готовность оконечного устройства к обмену данными
DTR (Data Terminal Ready)	Готовность контроллера к обмену данными
DCD (Data Carrier Defected)	Готовность удаленной аппаратуры оконечного устройства к обмену данными
RI (Ring Indicator)	Прерывание от оконечного устройства

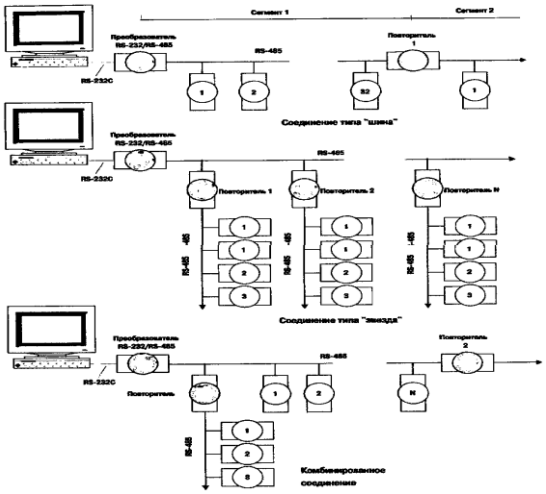


Рис. 5. Пример использования интерфейсов RS232, RS485 и RS422

На рисунке 5 показано, что персональный компьютер обычно оснащен стандартным контроллером интерфейса RS232C. Недорогой преобразователь позволяет подключать его к интерфейсу RS485/422. На его основе удобно создавать распределенную систему сбора данных и управления.

Несмотря на появление более эффективных стандартов, использование интерфейсов RS232, RS485 и RS422 в новых разработках продолжается. Основными причинами широкого использования интерфейсов RS232, RS485 и RS422 являются: низкая стоимость прокладки кабеля и продажи портов; большой парк оборудования , работающего по этим стандартам; возможность организации гальванической изоляции.

Обсуждение научных результатов. USB (Universal Serial Bus) – это универсальная последовательная шина. Как и многие современные интерфейсы, он предназначен для использования на персональных компьютерах. Основной целью разработки было удовлетворение потребности

в подключении периферийных устройств к портативному, а не столько к настольному компьютеру. Стандартный интерфейс USB включает в себя множество удобных функций:

– «горячее» подключение и отключение устройств;

– питание периферийных устройств от главного компьютера или разветвителя по интерфейсному кабелю;

– компактный и надежный разъем;

– возможность реализации гальванической развязки;

– поддержка Plug and play;

– быстрый обмен данными, особенно благодаря новой версии спецификацииUSB 2.0.

Наличие этих функций делает интерфейс удобным для использования в научных и специальных приборах, а также во многих других приложениях. По началу широкому использованию интерфейса препятствовало отсутствие поддержки в операционной системе Windows (а под DOS работа с USB, как правило, невозможна, по скольку отсутствует необходимое адресное пространство). Когда Microsoft выпустила соответствующее программное обеспечение, на рынке стало появляться различное оборудование с таким интерфейсом. USB начал вытеснять решения, которые ранее занимали этот рынок, включая параллельные интерфейсы (SCSI, EPP) и последовательный RS232. Основными причинами преимуществ в пользу USB являются удобство подключения и инициализации, а также не большой и надежный разъем. Использование интерфейса USB для недавно разработанного оборудования удобно для пользователя и может использоваться в течение длительного времени, то есть независит от модификации основного компьютера. Существенным недостатком интерфейса USB, несмотря на пересмотр спецификации, остается не достаточная поддержка большого количества устройств. Подключать некоторые устройства к 1 USB контроллеру не стоит. Для четкого корректного подключения используются разъемы типа «А», типа «В» и миниатюрные – цифра обозначена буквой «М» (рис. 6).

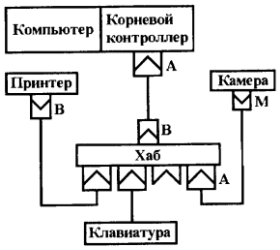


Рис. 6. Топология интерфейса USB

Интерфейсная среда представляет собой кабельную систему с несколькими типами стандартных разъемов и разветвителей (концентраторов). Концентратор позволяет реализовать много уровневую топологию «звезда». Концентраторы часто используются для реализации гальванической развязки и питания оконечных устройств. Естественно, не все концентраторы, доступные на рынке, поддерживают эти функции.

Структура интерфейса USB. Структура интерфейса USB обеспечивает одновременный обмен данными между главным компьютером и несколькими

периферийными устройствами. Распределение полосы пропускания шины между ними планируется главным компьютером и реализуется путем отправки токенов. Эта шина позволяет подключать, настраивать, использовать и отключать устройства во время работы главного компьютера и самого устройства.

Стандарт USB определяет электрические и механические параметры среды передачи данных. Информационный сигнал и напряжение питания 5 В передаются по четырех проводному кабелю. Для передачи сигналов D+ и D- по двум скрученным проводам используется дифференциальный метод. Уровень сигнала передатчика в статическом режиме должен быть ниже 0,3 В (низкий уровень) или выше 2,8 В (высокий уровень). Приемник может выдерживать входное напряжение в диапазоне -0,5...+3,8В. Передатчик должен быть способен переключаться в режим с высоким сопротивлением для двунаправленной полудуплексной передачи по 1 паре проводов.

Шина имеет 2 режима передачи данных. Высокая скорость составляет 12 Мбит/с, а низкая – 1,5 Мбит/с. Для обеспечения высоких скоростей используются кабели с сигнальными линиями из экранированных витых пар с волновым сопротивлением 90 Ом и длиной сегмента до 5м. На низких скоростях допускается использование не экранированных кабелей с длиной сегмента до 3 м, а также кабелей, используемых на высоких скоростях. Низкоскоростные кабели и устройства дешевле высокоскоростных кабелей. Оба режима могут применяться одновременно в одной системе. Скорость, используемая устройством, определяется уровнями сигнала на линиях D+ и D-, смещенными на сопротивление нагрузки приемопередатчика (рис. 7).

Передача данных по стандартному интерфейсу USB. Сечение проводника выбирается в соответствии с длиной сегмента для обеспечения гарантированного уровня сигнала и напряжения питания. Например, он имеет маркировку"28AWG"...24awg. Согласно спецификации USB, первая цифра определяет сечение сигнальной линии, а вторая цифра определяет линию электропитания. Для подключения модуля с помощью более длинного кабеля необходимо использовать кабель с большим сечением линии электропитания.

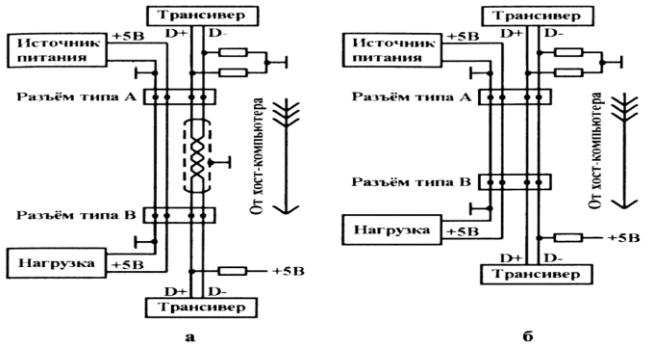


Рис. 7. Кабельное хозяйство интерфейса USB

Сигнал синхронизации по интерфейсной линии USB кодируется данными с использованием метода NRZI (Non Return to Zero Invert), и его работа показана на рисунке 8.

NZRI – это метод нулевого возврата с инверсией единицы измерения. Этот метод является модификацией простого метода кодирования потенциала, когда для представления 1 и 0 используются 2 уровня

потенциала. Метод NRZI также использует 2 уровня потенциала сигнала, но потенциал, используемый для кодирования текущего бита, зависит от потенциала, используемого для кодирования предыдущего бита (так называемое «дифференциальное кодирование»). Если значение текущего бита равно 1, текущий потенциал является инверсией потенциала предыдущего бита, независимо от его значения. Если значение текущего бита равно 0, текущий потенциал повторяет предыдущий потенциал. Отсутствие длинной последовательности идентичных битов позволяет осуществлять само синхронизацию портов на основе различий сигналов.

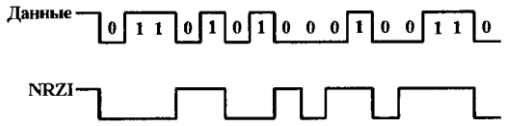


Рис. 8. Кодирование информации методом NZRI

Каждое устройствов USB представляет собой набор независимых конечных точек, с которыми взаимодействует главный компьютер. Конечная точка (по сути, регистр, доступный программному обеспечению) описывается следующими параметрами:

- количество точек;
- тип обмена;
- направление обменного курса;
- максимальный размер отправляемых и принимаемых пакетов;
- частота доступа к шине и допустимая задержка обслуживания;
- пропускная способность канала;
- алгоритм обработки ошибок.

Каждое устройство должно иметь конечную точку с номером 0, которая используется в качестве регистра инициализации и управления, а также регистра состояния. Эта точка не требует инициализации и всегда может быть использована для обмена данными «управляемого» типа. Помимо точки с номером 0, оконечное устройство может иметь дополнительные точки, которые реализуют обмен полезными данными.

Заключение. В ходе работы над данной работой была изучена и рассмотрена современная концепция построения и использования интерфейсов ввода-вывода компьютерных систем. Определены основные принципы и методы организации интерфейсов ввода-вывода. В данной статье определяется структура аппаратного обеспечения и назначение основных функциональных узлов микропроцессорной вычислительной системы, а также представлена обобщенная структурная схема вычислительной микропроцессорной системы (МПС). Рассмотрена возможность использования базовых модульных принципов организации МПС.

Функции компьютера с конфигурацией шины и канала ввода-вывода данных рассматриваются отдельно. Компьютеры с шинной организацией интерфейса ввода-вывода широко используются в персональных компьютерах и мини-компьютерах, поскольку структурная схема является наиболее простой.

Также были изучены методы взаимодействия компьютера с периферийными устройствами, основанные на применении концепции прерывания выполнения текущих программ.

В заключение можно сказать, что аппаратное и программное обеспечение интерфейса постоянно развивается и совершенствуется. Постоянно разрабатываются и внедряются новые версии уже известных интерфейсов ввода-вывода, обеспечивающих лучший, быстрый и удобный для пользователя обмен данными.

Список литературы

1. Пескова, С.А. Центральные и периферийные устройства электронных вычислительных средств [Текст] / С.А. Пескова, А.И. Гуров, А.В. Кузин. – М.: Радио и связь, 2000. – 496 с.
2. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера [Текст] / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2007. – 844 с.
3. Мюллер, С. Модернизация и ремонт ПК. [Текст]: 15-издание / С. Мюллер. – Москва: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 1379 с.
4. Хамахер, К. Организация ЭВМ [Текст] / К. Хамахер, З. Вранешич, С. Заки. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2003. – 848 с.
5. Акулов, О.А. Информатика: базовый курс [Текст] / О.А. Акулов, Н.В. Медведев. – М.: Омега-Л, 2004. – 552 с.
6. Безуглов, Д.А. Цифровые устройства и микропроцессоры [Текст] / Д.А. Безуглов. – Ростов на Дону: Феникс, 2006. – 480 с.
7. Головкин, Б.А. Вычислительные системы с большим числом процессоров [Текст] / Б.А. Головкин. – М.: Радио и связь, 1995. – 320 с.
8. Корнеев, В.В. Современные микропроцессоры [Текст] / В.В. Корнеев, А.В. Киселев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 448 с.

Материал поступил в редакцию 02.12.24.

М.Ш. Джунисбеков[1], Л.А. Сугурова[1], Ж.А. Иссакулова[1], Е.А. Ізмуханов[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕ ДЕРЕКТЕРДІ ЕНГІЗУ-ШЫҒАРУ ИНТЕРФЕЙСІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Таңдалған тақырыпқа сәйкес зерттеу нысаны компьютерлік жүйенің енгізу-шығару интерфейсі болып табылады. Бұл зерттеудің тақырыбы – гомпьютерлік жүйелердің деректерін енгізу және шығару үшін интерфейс схемаларын құру және конфигурациялау принциптері, сондай-ақ олардың негізгі параметрлері мен сипаттамалары. Жұмыстарды жазу барысында келесі зерттеу әдістері қолданылды: ғылыми-техникалық әдебиеттерді зерттеу және талдау; отандық және шетелдік мерзімді басылымдар мен мақалаларды зерделеу және қорыту. Бұл зерттеудің практикалық маңыздылығы институционалды дербес компьютерлер үшін енгізу-шығару интерфейстерін құру және ұйымдастыру үшін зерттеу нәтижелерін пайдалану мүмкіндігі болып табылады.

Жоғарыда айтылғандай, таңдалған жұмыс тақырыбының өзектілігі жоғары жылдамдықты сапалы енгізу-шығару интерфейстері бар автоматтандырылған ақпараттық жүйелерді пайдалануға негізделген Қазақстан Республикасы қоғамын жалпыға бірдей компьютерлендірумен түсіндіріледі.

Тірек сөздер: интерфейс, микропроцессор, енгізу-шығару интерфейсі, басқару, МПС, деректер шинасы.

M.Sh. Dzhunisbekov[1], L.A. Sugurova[1], Zh.A. Issakulova[1], E.A. Izmukhanov[1]

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

DEVELOPMENT OF DATA INPUT-OUTPUT INTERFACE IN MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM

Abstract. According to the chosen topic, the object of the study is the input-output interface of a computer system. The subject of this study is the basic structure, principles of construction and configuration of interface circuits for input and output of computer systems, as well as their main parameters and characteristics.

In the process of writing the following research methods were used: study and analysis of scientific and technical literature; study and generalisation of domestic and foreign periodicals and articles.

The practical significance of this research lies in the possibility of using the results of the study for the construction and organisation of input-output interfaces for institutional personal computers.

As already mentioned, the relevance of the chosen topic of work is explained by the general computerisation of the society of the Republic of Kazakhstan, based on the use of automated information systems with high-speed quality input-output interfaces.

Keywords: interface, microprocessor, input-output interface, control, MPS, Data Bus.

References

1. Peskova, S.A. Gurov, A.I., Kuzin, A.V. Tsentral'nyye i periferiynyye ustroystva elektronnykh vychislitel'nykh sredstv [Central and peripheral devices of electronic computers]. – Moscow: Radio and communication, 2000. – 496 p. [in Russian].
2. Tanenbaum, E. Arkhitektura komp'yutera [Computer architecture] – St. Petersburg: Piter, 2007. – 844 p. [in Russian].
3. Myuller, S. Modernizatsiya i remont PK [PC modernization and repair]: 15th edition. – Moscow: Williams Publishing House, 2004. – 1379 p. [in Russian].
4. Khamakher, K., Vraneshich, Z., Zaki, S. Organizatsiya EVM [Computer organization]. – St. Petersburg: Piter; Kyiv: BHV Publishing Group, 2003. – 848 p. [in Russian].
5. Akulov, O.A. Medvedev, N.V. Informatika: bazovyy kurs [Computer Science: Basic Course]. – Moscow: Omega-L, 2004. – 552 p. [in Russian].
6. Bezuglov, D.A. Tsifrovyye ustroystva i mikroprotsessory [Digital Devices and Microprocessors]. – Rostov-on-Don: Feniks, 2006. – 480 p. [in Russian].
7. Golovkin, B.A. Vychislitel'nyye sistemy s bol'shim chislom protsessorov [Computing Systems with a Large Number of Processors]. – Moscow: Radio and Communications, 1995. – 320 p. [in Russian].
8. Korneyev, V.V., Kiselev, A.V. Sovremennyye mikroprotsessory [Modern Microprocessors]. – St. Petersburg: BKHV-Petersburg, 2003. – 448 p. [in Russian].

IRSTI 50.43.15

W. Wójcik ©

Doctor of Technical Sciences
https://orcid.org/0000-0002-0843-8053
Lublin University of Technology
Lublin, Poland
waldemar.wojcik@pollub.pl

https://doi.org/10.55956/PGAZ8345

METHOD OF DEVELOPING A THREE-LEVEL STRUCTURE OF THE OPTIMAL CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF PHOSPHORIC ANHYDRIDE (P_2O_5)

Abstract. This article examines the approach already used to manage the production of phosphoric anhydride (P_2O_5) and suggests a new three-level structure to optimize this process. For the purpose of standard functioning of the concept of rational management of phosphoric anhydride, its work should be approved together with the software ensemble of the wearable degree (process automated control system – automated management concept of scientific and technical actions), since information for the purpose of mediocre PACS degree operates from wearable degree meters, and the discovered rational motion systems are implemented together with the support of wearable degree meters. managing controllers. In order to implement our control algorithms, proper subsystems of a mediocre degree of the required data should be guaranteed. This note discusses the list of data needed for the purpose of the control subsystem, the methods of its processing, and the representation of the software and hardware provision of the control subsystem.

Keywords: phosphoric anhydride, intelligent technologies, optimal control, process, fuzzy systems, oxidation, combustion, yellow phosphorus.

Wójcik W. Method of developing a three-level structure of the optimal control system for the production of phosphoric anhydride (P_2O_5) //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.468-474. https://doi.org/10.55956/PGAZ8345

Introduction. For the purpose of standard functioning of the concept of rational management of phosphoric anhydride, its work should be approved together with the software ensemble of the wearable degree (process automated control system – automated management concept of scientific and technical actions), since information for the purpose of mediocre PACS degree operates from wearable degree meters, and the discovered rational motion systems are implemented together with the support of wearable degree meters. managing controllers. In order to implement our control algorithms, proper subsystems of a mediocre degree of the required data should be guaranteed. This note discusses the list of data needed for the purpose of the control subsystem, the methods of its processing, and the representation of the software and hardware provision of the control subsystem.

If this configuration is modeled down to 400°C in an airtight tube, a polymer model comes out, composed of endless layers of PO_4 tetrahedra along with single

(3 and 4) air atoms. Prolonged preservation of this food in an airtight tube at a temperature of 450°C is accompanied by its transition to a different polymer configuration. This is a more stable version of phosphoric anhydride. The purest phosphoric oxide is completely devoid of fragrance.

Production of phosphoric anhydride from phosphorus. It was put into use in 2014. The initial information for the purpose of design was: The Plan of the Kazniihimproekt Partnership. Semi-production installation according to the manufacture of phosphorous anhydride with a capacity of Fifty kg/hour according to phosphorus, together with the use of phosphorus combustion heat and the production of "commercial" phosphorous anhydride R2O5(R4O10). This test procedure (OPPU) is aimed at the utilization of heat generated as a result of the interaction of phosphorus combustion, as a result of which the production of crystal phosphoric oxide R2O5(R4O10) is carried out.

Procedure for extraction of phosphoric anhydride. The connection of phosphorus with oxygen, therefore, leads to the formation of different goods. When phosphorus is burned, its main compound, phosphoric oxide (P_2O_5), is formed in the presence of excess air (or atmosphere). On the contrary, during combustion, when there is a lack of atmosphere or slow oxidation, phosphoric oxide (P_2O_3) is formed in the main.[1] The procedure for the extraction of phosphoric anhydride from phosphorus consists in the oxidation (combustion) of phosphorus according to the interaction (1):

$$\frac{P_4}{62} + \frac{5O_2}{160} \rightarrow \frac{2P_2O_5}{222} + Q \qquad (1)$$

The oxidation (burning) of phosphorus by the line of interaction, together with the formation of P_2O_5 in the absence of the densest phosphorus oxides, can only be assumed to be the presence of heat earlier than 773-873ºC and an excess of air of at least 30%. From the yellowish phosphorus base of workshop No. 5, phosphor operates in the dosing department according to pipelines along with heating. In a single difficulty, to the dosing department. There are 8 dispensers for the purpose of preservation, type 101/9-16, with a capacity of Thirty-two m^3 of any, according to 4 containers for the purpose of any jet. The preservation dispensers, type 101/9-16, are equipped with paddle agitators, which from time to time turn on and form a homogeneous composition. In order to strengthen phosphorus in liquid storage, dispensers are made together with a shirt, according to which moisture circulates along with a temperature of 70-90°C.

After pre-settling in the dispenser for at least 2 times, the phosphor, according to the pipeline concept, is fed into a water channel (montejus), type 401. Phosphor is supplied from the fluid collector through the pipeline along with heating to the phosphorus combustion chamber, type 402. Before combustion, the phosphor flows through a heat exchanger located inside the combustion chamber. Phosphorus vaporization occurs due to the result of the heat of its combustion. Phosphorus is burned out by a line of its spraying with a pressure of at least 0.45 MPa squeezed by the atmosphere. A small air space is heated in a heat exchanger art. T-05 before being fed into the nozzle.T-05 up to a temperature of at least 353°C, which is regulated by the mechanism art. T-1707.

The effect of the compressed air supplied to the nozzle is regulated by the art mechanism. R-304, which sends a warning to the main control panel. When the

pressure decreases, phosphorus delivery to the combustion column is automatically interrupted.[2]

The available practical activity of controlling the effect of phosphoric anhydride production. Industrial manufacturing is usually divided into several scientific and technical activities. Any scientific and technical procedure in the total production cycle contains its own task, in coordination with which specific conditions are imposed on the tree: the provision of either the highest productivity, the established or optimal product features, the established or lowest price of the material (semi-finished products) and electricity per piece of finished product and prospector.letter. [3,4] In the industry, P_2O_5 is acquired by the thermal method. Temperature method (providing the purchase of pure phosphoric oxide) It contains the main stages: the burning (oxidation) of simple phosphorus in the excess atmosphere and the removal of fog from the gas phase.

There are 2 methods of extracting P_2O_5: oxidation of pure P (extremely rarely used in the industry) and oxidation of aqueous P in water

Phosphorus pentoxide, acquired during combustion and cooled in advance, is fed into a recovery boiler for cooling. The method of extraction of phosphoric anhydride begins with difficult scientific and technical actions.

The phosphor in the dispenser settles at a temperature of 70-85°C. Accordingly, according to its own chemical properties, the phosphor in heat earlier than +70°C switches to a hard position; and in heat further than +43°C, the phosphor switches to a watery configuration. In the dispenser, the phosphor settles together with water and nitrogen, thus, as well as the element prevents the formation of a toxic gas – phosphine. The density of phosphorus in the dispenser is distributed in a similar way, the fact that someone sits at the bottom, in this case, the period, as well as moisture of considerable temperature, fills the upper part of the dispenser with Thirty cm, and the element is located among them in the dispenser.

Since the heat in the dispenser is 70°C, phosphor and moisture do not mix in any way. The phosphor in the watery version comes out of the dispenser and is fed into the burner. A small air space is supplied to the burner from both edges, and cool moisture acts together with the outer edges, which comes out in warm annular jets.

This rule is constant in order to maintain a stable temperature. In this case, a small air space enters the burner along with 2 edges: the rule of action is 1 – the phosphor is sprayed in the middle, and the 2nd – according to the province, provoking the phosphor in a similar way to the twisting display. This guarantees the absolute property of phosphorus. In the burner, the phosphor burns out in a fever of 1500°C-2000°C. After combustion, the phosphor in the gaseous version acts in the recovery boiler in order to cool down.

The recovery boiler is folded from the covered brick (in order to increase the fire resistance of the materials used) together with the pipe from the inside.According to this pipe, cool moisture passes through, and a place remains between the brick and the pipe, through which a gaseous phosphor flows. Moisture flowing from inside the pipe cools the heated phosphor. A drum partially filled with water is defined in the upper lobe of the recovery boiler. Cool moisture can help keep the heat in the heat recovery boiler in a homogeneous stay. The moisture flows through the pipes and will return to the drum after the end of the cycle. Moisture acts in the heat recovery boiler with a low fever, and the presence of a rather significant one comes out of it. If there is a small amount of water in the

drum, the tube may melt. In order to eliminate this, the water size should be constantly monitored.

The watery phosphor is fed into the heat recovery boiler at a temperature of 1800-2000℃, and comes out of it in a gaseous state at a temperature of 430-480℃. Bypassing the conveyor, the heat of phosphorus in the gaseous state decreases over time, and someone slowly transforms into a pigment. However, R2O5 is used to extract high-quality dried phosphorous precipitation of R2O5. This method of extracting R2O5 is considered economically interesting. Personally, the procedure is quite simple for the purpose of applying scientific and technical installation, which contains 4 alternating periods. Required food items: yellowish phosphor, element, moisture and a small air space.

Materials and methods. *Three-level control concept for the effect of phosphoric anhydride production.* The hierarchical management rule implies a multi-stage management movement system, at which point any management period contains its own management items and missions. The control target is considered to be the result of the established technical and economic characteristics of the movement. The scientific and technical order, the presence of which is achieved by the established characteristics, is called the best. Movement characteristics should be maintained regularly, as well as as close to their best values as possible. [5,6] The regulation of scientific and technical action can be formed in 2 periods. In the upper stage, the target of management is considered to be the selection of a rational order of the scientific and technical movement. The subject of management is considered to be a complete scientific and technical procedure together with scientific and technical equipment.

In this case, the goal of monitoring at the bottom stage is considered to be providing the smallest deviations of scientific and technical characteristics from their best meanings. This control task is relatively simple and consists in stabilizing the movement characteristics. In this case, instead of the term “control”, I will use the name “regulation". In the lowest period, the scientific and technical procedure is considered equally as a set of ordinary (simple) actions, which, along with the scientific and technical devices in which they take place, are considered subjects of regulation of this period.

I have analyzed the supervision of single scientific and technical actions together with the target of extracting established technical and economic characteristics. But the presence of power in the company as a whole creates similar missions and control problems that cannot be attributed to single scientific and technical actions. There are problems of timely management of workshops, manufacturing companies, planning reserves of material, semi-finished products and finished products. For this reason, the enterprise management procedure must contain the only way to find a solution to these problems. This is the highest hierarchical degree.

Similarly, the management structure of the current industrial enterprise is characterized by 3 degrees of administrative hierarchy. The lowest degree (I) is shown in this way by what are called local adjustment concepts, the functions of which combine to stabilize single scientific and technical characteristics. Such elementary problems are solved by mechanical devices in the absence of the role of a person, and for this reason, the concepts of control of the wearable hierarchical degree are called the concepts of mechanical control (Installation). The subjects of adjustment in this case are considered to be simple movements together with proper scientific and technical devices.

The subsequent hierarchical degree (II) forms the concepts of management of scientific and technical activities. The subjects of management in this degree are considered to be integral scientific and technical movements together with scientific and technical equipment and local automated control systems. Here they find a solution to the problem of optimizing scientific and technical action systems. In addition, the management functions in this case include the detection and prevention of abnormal (adventurous) systems, the transfer of equipment in scientific and technical schemes, and the calculation of technical and economic characteristics of actions. These control functions are relatively difficult and do not have all the chances to be fully assigned to the mechanical apparatus. For this reason, scientific and technical action management concepts use PCs for the purpose of scientific and technical action management (PCC), and the PCC dispatcher participates in the management actions. Such management concepts are called automated management concepts for scientific and technical activities.

Without exception, all organizations are governed in the most significant hierarchical degree (III). The subject of management here is considered to be all manufacturing and special equipment without exception (including additional work: supplies, sales, restoration, planning and prospector.letter.), as well as automated control systems (ACS) of the past hierarchical level. It is necessary to solve the difficulties of managing absolutely all production activities together with the use of PCC and the interest of operators. The management concept in this context is referred to as the Automated Enterprise Management Concept (AEMS). As part of other studies, the concept of the coal game score is also being investigated and developed. The article presents the results for the consistency of coal and crushed straw, but the technology can also be used for other types of consistency.[7]

Research results and discussion. When developing a subsystem, one can use further integration into an automated hardware management system, which will increase the efficiency of both hardware, and software. [8,9]. Where the concept of a three-step procedure for diagnostics of a thermal power plant turbine unit is used instead of creating diagnostic mathematical models and object failure models [10]. Where you can immediately develop an algorithm for diagnostics of equipment for the production of phosphoric anhydride using advanced intelligent technologies.

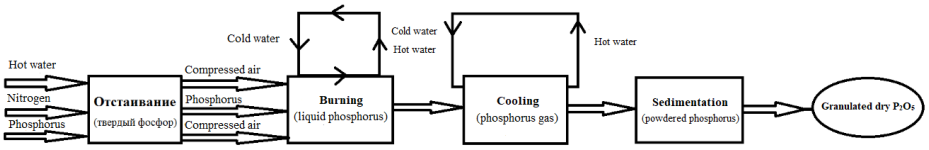


Figure 1 Stages of obtaining dehydrated P_2O_5

Conclusion. The developed three-level structure for controlling the production process of phosphoric anhydride (P_2O_5) allows us to specify the tasks under study.

As already noted, the upper level of management can be attributed to both the APCS and the AEMS. Such systems, although they require the development of algorithms and programs, but most likely their development can be attributed to engineering and economic tasks, since their algorithms do not require deep scientific research. The daily productivity of furnaces depends on many factors: market demand, technical condition of the main and auxiliary equipment,

availability of raw materials, etc. Calculation of the furnace capacity is based on known balance equations that take into account the physical and chemical properties of raw materials. Therefore, we did not set the task of synthesizing algorithms for implementing the top level of control.

At the middle level, the tasks of optimizing the technological modes of processes are solved. In addition, the control functions at this level include identifying and eliminating abnormal (emergency) modes, switching equipment in technological schemes, calculating technical and economic indicators of processes, etc.

At the lower level, the objects of regulation are elementary processes with corresponding technological devices.

The task of the lower level of management is to stabilize the process modes, which are set manually by process operators.

In APCS the operation of the technological complex is monitored by numerous sensors-devices that change the parameters of the technological process (e.g., temperature and thickness of rolled sheet metal), they monitor the state of the equipment (turbine bearing temperature) or determine the composition of the original materials and the finished product. There can be from several tens to several thousands of such devices in one system.

The automation scheme for the development of an automated control system is a kind of integrated functional scheme of a technological control object, covering the so-called “field equipment” of the lower level of the system and showing its connections with devices, control computer equipment and control points of a higher level.

References

1. Zhantasov K.T., Bazhirova K.N., ToltebaevaZ.d. The current state, problems and prospects of development of the phosphorus industry of Kazakhstan //Chemical industry today. – 2013. – No. 5. – P. 4-6.
2. [?] Phosphate ores of Kazakhstan. – Alma-Ata.: Science Kaz.SSR, 1990. – 320 p.
3. Ershova, V.A., Pimenova, S.D. Electrotherm of phosphorus. – St. Petersburg: Chemistry, 1996. – 246 p.
4. Pozina, M.E. Processing of Karatauphosphorites. –L.: Chemistry, 1975. – 272 p.
5. Pogodin M.A., Leonov B.M., Scary B.K. Wastewater treatment and sludge processing of phosphorus plants. Memo – a manual for the apparatchik of the wastewater treatment plant. – Chemistry, 1973. – 41 p.
6. Suleimenov, B.A., Zhunisbekov M.S., Sugurova L.A. Suleimenov A.B. Intelligent and hybrid process control systems: Theory, methods and applications //KSTU. Sci. Bulk. – 2014. – No. 3. – P. 98-106.
7. Suleimenov, B.A., Zhunisbekov M.S., Sugurova L.A. Suleimenov A.B. The methodology of runtime diagnostics system of the production equipment condition //KSTU. Sci. Bulk. – 2014. – No. 3. – P. 107-118.
8. Suleimenov B., Sugurova L., Turynbetov N., Suleimenov A. Concept of developing an intelligent system for control and operational diagnostics of technological equipment condition //Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce I Ochronie S rodowiska. – 2014. – No. 1. – P. 27-34
9. Suleimenov A.B., Suleimenov B.A., Suleimenov A.B., Sugurova L.A., Zhirnova O.V. Synthesis of the equipment health management system of the turbine units’ of thermal power stations //Mechanics & Industry. – 2018. – No. 19. – P. 209.
10. Gusarova O.M., Yerzhanova M.E., Berezniak I.S., Konstantinov V.A., Vityutina T.A. Supply Chain Management in the Food Industry: A Comprehensive Hierarchical Decision Making Structure //International Journal of Supply Chain Management IJSCM. – 2019. – Vol. 8. – No. 4. – P. 733-742.

Material received on 15.12.24.

В. Войджик

Люблин технологиялық университеті, Люблин қ., Польша

ФОСФОР АНГИДРИДІН (P_2O_5) ӨНДІРУДІ ОҢТАЙЛЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҮШ ДЕҢГЕЙЛІ ҚҰРЫЛЫМЫН ӘЗІРЛЕУ ӘДІСІ

Аңдатпа. Бұл мақалада фосфор ангидридін (P_2O_5) өндіруді басқарудың бұрыннан қолданылған тәсілі қарастырылады және осы процесті оңтайландыру үшін жаңа үш деңгейлі құрылым ұсынылады. Фосфор ангидридін ұтымды басқару тұжырымдамасының қалыпты жұмыс істеуі үшін оның жұмысы тозатын термометрдің бағдарламалық ансамблімен (ТП АБЖ – ғылыми-техникалық іс-шараларды басқарудың автоматтандырылған тұжырымдамасы) бірлесіп бекітілуі керек, өйткені орташа термометрдің мақсаттары үшін ПАКС тозатын термометрлерден жұмыс істейді, ал анықталған ұтымды қозғалыс жүйелері тозатын термометрлерді қолдаумен бірге жүзеге асырылады. басқару контроллері. Біздің басқару алгоритмдерімізді іске асыру үшін қажетті деректердің орташа дәрежесінің тиісті ішкі жүйелеріне кепілдік берілуі керек. Бұл жазбада басқарушы ішкі жүйені тағайындау үшін қажетті мәліметтер тізімі, оларды өңдеу әдістері, сондай-ақ басқарушы ішкі жүйенің бағдарламалық және аппараттық құралдарын ұсыну қарастырылады.

Тірек сөздер: фосфорлы ангидрид, зияткерлік технологиялар, оңтайлы басқару, процесс, нақты емес жүйе, тотығу, жану, сары фосфор.

В. Войджик

Люблинский технологический университет, г. Люблин, Польша

МЕТОД РАЗРАБОТКИ ТРЕХУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ФОСФОРНОГО АНГИДРИДА (P_2O_5)

Аннотация. В данной статье рассматривается уже используемый подход к управлению производством фосфорного ангидрида (P_2O_5) и предлагается новая трехуровневая структура для оптимизации данного процесса. С целью нормального функционирования концепции рационального управления фосфорным ангидридом, ее работа должна быть утверждена совместно с программным ансамблем носимого градусника (АСУ ТП – автоматизированная концепция управления научно-техническими мероприятиями), так как информация для целей посредственного градусника ПАКС оперирует с носимых градусников, а выявленные рациональные системы движения реализуются совместно с поддержкой носимых градусников. управляющих контроллеров. Для реализации наших алгоритмов управления должны быть гарантированы надлежащие подсистемы посредственной степени требуемых данных. В данной заметке рассматривается перечень данных, необходимых для назначения управляющей подсистемы, методы их обработки, а также представление программного и аппаратного обеспечения управляющей подсистемы.

Ключевые слова: фосфорный ангидрид, интеллектуальные технологии, оптимальное управление, процесс, нечеткие системы, окисление, горение, желтый фосфор.

МРНТИ 30.03.17

Б. Ибилдаев ©

Канд. техн. наук, доцент

ORCID *https://orcid.org/0000-0003-1865-4570*

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

@ *bisen05@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/RCMU9745

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Аннотация. Данные о доле различных видов повреждений подшипников качения у тракторов различных марок и даже у тракторов одной марки, но в различных выборках, могут несколько отличаться, так как это соотношение является результатом влияния ряда переменных факторов, в том числе нагруженности подшипниковых узлов, свойств абразивных частиц, попадающих в смазку и зависящих от почвенных условий в гоне эксплуатации тракторов, частоты нарушений заданной периодичности замены масла и др. Причиной снижения долговечности второй группы являются отклонения от технологии изготовления и ремонта машин. Овальность, конусность и другие дефекты посадочных поверхностей приводят к неблагоприятному перераспределению нагрузки между телами качения и усталостному выкрашиванию металла. Несоблюдение соосности валов и посадочных отверстий ведет к защемлению тел качения, перекосу колец и поломкам деталей подшипников.

Ключевые слова: подшипник, посадочные места, повреждения, эксплуатация, износ, ремонтный фонд, технические требования, качество.

Ибилдаев, Б. Анализ причин отказов подшипников качения [Текст] / Б. Ибилдаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.475-481. https://doi.org/10.55956/RCMU9745

Введение. Эффективные мероприятия по увеличению долговечности можно разработать только в том случае, когда известны причины повреждения поверхностных слоев деталей подшипника, физическая сущность и закономерности развития процессов.

Исследования технического состояния шасси колесных тракторов класса 1,4 кН, поступивших в первый капитальный ремонт, проведены авторами работ [1,2]. При исследовании состояния деталей 419 шасси тракторов осмотрены 7888 шариковых подшипников, установленных в 19 опорах трансмиссии. Радиальный зазор измерен у 7450 подшипников. При этом установлено, что 17,3% подшипников требовали замены, в том числе 86,3% по причине износа деталей подшипника, 1,9% выкрашивания, 10% поломки сепараторов, 1,5% трещин на кольцах, 0,3% коррозии. В данном случае износ является основной причиной выбраковки. Особенностью

трансмиссии обследованных тракторов является отсутствие принудительной фильтрации масла.

В работе [3] описаны результаты аналогичного исследования применительно к шариковым подшипникам колесных тракторов класса 3 кН. Эти тракторы отличаются от тракторов класса 1,4 кН не только конструкцией, видами выполняемых работ и характером эксплуатации, но и наличием принудительной фильтрации трансмиссионного масла коробки передач и раздаточной коробки. В процессе эксплуатации масло проходит через фильтры заборной и тонкой очистки, которые не пропускают частицы размером более 80 мкм. Коробка передач и раздаточная коробки имеют 26 опор на подшипниках качения, в этих опорах установлены 29 шариковых подшипников. Каждый тип подшипника был измерен в количествах от 110 до 130 шт. Общее количество продефектованных шариковых подшипников составило 3556 шт. Радиальный зазор измерен у 3044 подшипников. Выбраковано по различным причинам 22,3%, в том числе 71,5% из-за износа поверхностей качения, 21% – бринеллирования, 4,7% – поломки сепараторов, 2,8% – поломки шариков и колец.

Уменьшение доли выбракованных подшипников из-за износа с 86,3% [2] до 71,5% [3] при сравнении результатов приведенных выше двух исследований можно объяснить введением системы принудительной очистки.

Таким образом, принудительная фильтрация смазки снижает износ подшипников. При уменьшении размеров частиц, пропускаемых фильтрами, эффект может быть значительно больше.

Основной причиной выбраковки подшипников качения является износ. Второе место по удельному весу занимает разрушение сепараторов. Далее идут причины, связанные с проворачиванием колец подшипников на валах и в корпусах, повреждением усталостного характера и вмятинами на рабочих поверхностях подшипников, сколами колец и др.

Условия и методы исследований. Для подшипников коробок передач наиболее характерными дефектами являются износ и усталостное выкрашивание, поломки деталей и ослабление посадок. Подшипники конечных передач имеют значительные износы, усталостные разрушения, поломки сепараторов и проворачивание колец подшипников.

Данные о доле различных видов повреждений подшипников качения у тракторов различных марок и даже у тракторов одной марки, но в различных выборках, могут несколько отличаться, так как это соотношение является результатом влияния ряда переменных факторов, в том числе нагруженности подшипниковых узлов, свойств абразивных частиц, попадающих в смазку и зависящих от почвенных условий в гоне эксплуатации тракторов, частоты нарушений заданной периодичности замены масла и др. [2].

Причины, приводящих к снижению долговечности подшипников качения можно разделить на две группы: эксплуатационные и конструкторско-технологические.

Причины первой группы обуславливаются в основном уровнем соблюдения правил эксплуатации машин. При надлежащем соблюдении правил эксплуатации машин можно значительно повысить долговечность подшипников качения. Это возможно путем повышения квалификации машинистов, ремонтных рабочих, применения специальных стендов, съемников, приспособлений для разборки и сборки, своевременной регулировки узлов и агрегатов, своевременной смазки и замены

фильтрующих элементов системы смазки, своевременной замены герметизирующих устройств подшипниковых узлов и т.д.

Причины второй группы определяются стабильностью качества подшипников, выпускаемых промышленностью, соблюдением технологии их изготовления, соблюдением технологии изготовления и ремонта машин. Качество изготовления подшипников обуславливается следующими факторами: надлежащим выбором материалов, смазок и конструкции подшипников; соотношением размеров их деталей и рациональными внутренними зазорами; выбором режимов механической и термической обработки и рациональных методов получения заготовок; обеспечением надлежащего операционного и окончательного контроля; автоматизацией процессов изготовления и контроля.

Важным фактором, определяющим долговечность подшипников, является соблюдение технологии изготовления и ремонта машин, от которой зависят условия работы подшипников, связанные с посадками, соосностью посадочных отверстий, овальностью, конусностью и другими дефектами посадочных поверхностей.

Как правило, причины первой и второй группы приводят к различным видам повреждений деталей подшипников. Например, из-за несвоевременной смазки и замены фильтрующих элементов накапливаются механические примеси и абразивные частицы, которые интенсивно изнашивают поверхности качения.

В результате несвоевременной регулировки узлов возникают колебательные процессы, увеличивающие динамические, ударные нагрузки, которые в свою очередь приводят к снижению контактной стойкости деталей подшипника, поломкам и т.д.

При перегреве подшипниковых узлов ухудшаются физико-механические свойства смазочных масел, снижается твердость поверхностей качения, происходит их быстрое разрушение.

В результате нарушения герметизации подшипникового узла происходит попадание абразивных частиц в зону трения и интенсификация изнашивания деталей подшипника.

В некоторых случаях при проектировании узлов допускается неправильный выбор типов подшипников по грузоподъемности, скорости вращения, стойкости к различным перекосам и т.д. В связи с этим подшипники отказывают при наработках значительно меньше запланированного ресурса.

Несовершенство конструкции системы смазки и очистки масел приводит к недостаточному попаданию смазки в зону трения, некачественной очистке смазочного масла от механических примесей и абразивных частиц. В результате на поверхностях качения возникают различного рода схватывания и разрушения, интенсивное изнашивание механическими примесями и абразивными частицами.

Плохая герметизация подшипникового узла также способствует попаданию абразивных частиц, влаги и т.д., что ускоряет процесс изнашивания деталей подшипника.

Недостаточная твердость рабочих поверхностей деталей подшипника приводит к пластическому деформированию и к быстрому разрушению поверхностей качения.

Шероховатость рабочих поверхностей деталей подшипника, превышающая допустимую, способствует резкому увеличению радиального

зазора в начальный период эксплуатации за счет смятия микровыступов и последующему увеличению колебательных процессов и отказу подшипника.

Равномерность тел качения и отклонения от геометрических размеров деталей подшипника являются причиной местного контактного перенагружения и усталостного выкрашивания металла.

Причиной снижения долговечности второй группы являются отклонения от технологии изготовления и ремонта машин. Овальность, конусность и другие дефекты посадочных поверхностей приводят к неблагоприятному перераспределению нагрузки между телами качения и усталостному выкрашиванию металла. Несоблюдение соосности валов и посадочных отверстий ведет к защемлению тел качения, перекосу колец и поломкам деталей подшипников.

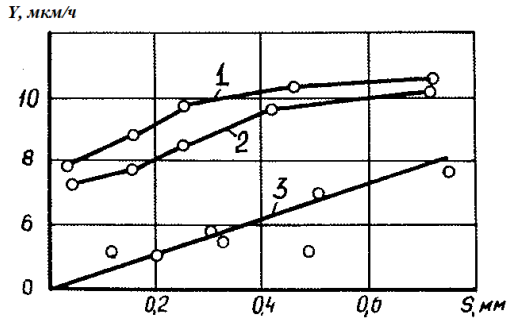
Качество сборки, обеспечивающее оптимальные посадки подшипников качения, является важными факторами, влияющим на их долговечность. От качества сборки зависит не только долговечность подшипника, но и всего подшипникового узла.

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из распространенных дефектов подшипниковых узлов является ослабление посадок, которое приводит к проворачиванию колец и интенсивному изнашиванию посадочных поверхностей и самого подшипника. Кроме того, большинство посадочных мест расположено в базисных деталях, которые нужно сохранить как можно дольше или даже в течение всего срока службы машины. Корпусные детали являются сложными и дорогостоящими элементами современных машин, поэтому их замена при ремонте сопряжена с большими затратами, которые могут достигать 45% стоимости ремонта узлов и агрегатов тракторов.

После наработки 3500-4000 ч до 45-60% посадочных мест многих тракторов имеют значительный износ. Что касается посадок подшипников качения в корпусных деталях, то при капитальном ремонте тракторов 13-37% посадочных мест имеют значительный износ.

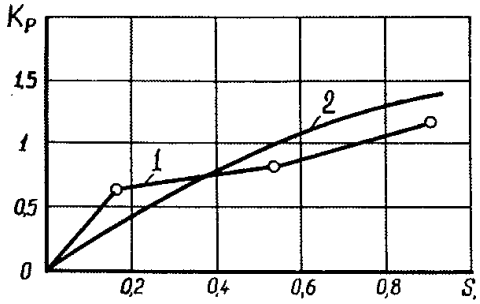
Зазор посадки оказывает большое влияние на скорость изнашивания деталей подшипников качения. С увеличением зазора посадки скорость изнашивания возрастает (рис. 1). Отрицательное влияние износа отверстий проявляется в смещении центра опоры вала и появлении зазора в посадке наружного кольца подшипника. Последний обуславливает деформацию наружного кольца в направлении, перпендикулярном приложенной к подшипнику нагрузке. В результате происходит перераспределение нагрузки между телами качения и ее повышение на центральное тело [4-6]. Даже незначительный зазор между наружным кольцом и посадочным отверстием приводит к прогибу кольца и, следовательно, к неравномерному распределению нагрузки между телами качения.

В.Н. Трейер [5] утверждает, что прогиб наружного кольца подшипника может весьма существенно повлиять на характер распределения нагрузки по телам качения, следовательно, и на долговечность подшипника. Такое мнение поддерживал А. Пальмгрен [6]. Он считал, что при увеличении зазора посадки возрастает прогиб кольца под нагрузкой и распределение нагрузки по телам качения становится менее благоприятным.



1,2 – подшипники соответственно 50408 и 408; 3 – подшипник 700409 и 27I2K

Рис. 1. Скорость изнашивания деталей подшипников в зависимости от зазора посадки



I – экспериментальная; 2 – расчетная

Рис. 2. Зависимость относительного коэффициента распределения нагрузки на центральное тело качения от зазора посадки

На рисунок 2 показаны зависимости относительного коэффициента распределения нагрузки на центральное тело качения от величины зазора посадки по сравнению с натягом посадки. Кривая I получена экспериментальным путем, кривая 2 – расчетным путем.

С.М. Бабусенко экспериментально установил, что увеличение зазора посадки от 0 до 0,2 мм уменьшает долговечность подшипника в два с лишним раза [4].

П.И. Дурыманов впервые обстоятельно исследовал влияние износа посадочных отверстий на работоспособность подшипников. Им доказаны преимущества тугих посадок наружных колец подшипников по сравнению со скользящими.

Наиболее приемлемым способом повышения долговечности подшипников качения при ремонте машин является восстановление посадок подшипников на валах и в корпусных деталях. Восстановление посадочных мест подшипников производят установкой дополнительных колец, стальных свертных втулок, наплавкой, приваркой стальной ленты, нанесением гальванических покрытий и другими способами.

Однако большинству перечисленных способов присущи следующие недостатки: сложность технологического процесса, низкая производительность, высокая себестоимость, трудность механической обработки. При этом механическую обработку необходимо выполнить с

такой точностью, чтобы избегать вредного влияния овальности, конусности, несоблюдения соосности на долговечность подшипников качения. Для этого ремонтные предприятия должны иметь высокоточные или специальные металлорежущие станки.

Заключение. Наиболее простыми и экономически целесообразными являются способы восстановления неподвижных соединений с использованием полимерных материалов. Кроме восстановления неподвижности посадки при использовании полимерных материалов появляется возможность снизить вредное влияние погрешности формы посадочной поверхности, исключить фреттинг-коррозию, являющуюся основной причиной износа неподвижных соединений. Увеличение долговечности неподвижных соединений, их стабильность, отсутствие зазора посадки окажут благоприятное влияние на долговечность подшипников качения. Кроме того, при ремонте машин долговечность подшипников качения можно повысить изменением жесткости корпуса путем рассточки, нанесения покрытий и другими способами при которых происходит снижение неравномерности распределения нагрузки между телами качения.

Список литературы

1. Кашуба, Б.П. Влияние условий эксплуатации на ресурс элементов шасси трактора Т-I50К [Текст] / Б.П. Кашуба, В.Г. Кухтов, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1982. – 11-12 с.
2. Любчевский, П.Я. Долговечность шариковых подшипников в тракторных трансмиссиях [Текст] / П.Я. Любчевский, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1982. – 30-32 с.
3. Кухтов, В.Г. Статистический анализ износов шариковых подшипников коробок передач колесных тракторов класса 3 [Текст] / В.Г. Кухтов, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1983. – 21-23 с.
4. Бабусенко, С.М. Влияние геометрических параметров посадочного места в корпусе на долговечность подшипника [Текст] / С.М. Бабусенко //Доклады ТСХА: Вып. 81. – Москва, 1963. – С.348-356.
5. Волохович, М.Ф. К вопросу о влиянии жесткости корпуса на распределение нагрузки между шариками в шарикоподшипнике. Том.17 [Текст] / М.Ф. Волохович. – М.: Труды Одесского политехнического института, 1958. – 219-222 с.
6. Иванов, Б.А. К вопросу об оптимальном распределении нагрузки по телам качения в подшипниках. В кн.Динамика и прочность механических систем [Текст] / Б.А. Иванов, Б.Д. Мажов. – Пермь, 1972. – 167-172 с.

Материал поступил в редакцию 27.09.24.

Б. Ибилдаев

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

ТЕРБЕЛМЕЛІ ПОДШИПНИКТЕРІНІҢ ІСТЕН ШЫҒУ СЕБЕПТЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Әртүрлі маркалы тракторлардағы, тіпті бір маркалы тракторлардағы, бірақ әртүрлі үлгілердегі домалау подшипниктерінің зақымдануының әртүрлі түрлерінің үлесі туралы деректер біршама өзгеше болуы мүмкін, өйткені бұл қатынас бірқатар айнымалы факторлардың, соның ішінде мойынтірек түйіндерінің жүктемесінің, абразивті бөлшектердің қасиеттерінің әсерінен болады. майлау және қуыста топырақ жағдайына байланысты тракторларды пайдалану, майды

ауыстырудың берілген жиілігінің бұзылу жиілігі және т. б. екінші топтың беріктігінің төмендеуінің себебі машиналарды дайындау және жөндеу технологиясынан ауытқу болып табылады. Қону беттерінің сопақша, конустық және басқа ақаулары домалақ денелер арасында жүктеменің қолайсыз қайта бөлінуіне және металдың шаршауына әкеледі. Біліктер мен қону тесіктерінің үйлесімділігін сақтамау тербелмелі денелердің қысылуына, сақиналардың қисаюына және подшипниктердің бөлшектерінің сынуына әкеледі.

Тірек сөздер: подшипник, отырғызу орындары, зақымдану, пайдалану, тозу, жөндеу қоры, техникалық талаптар, сапа.

B. Ibildayev

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

ANALYSIS OF ROLLING BEARING FAILURES

Abstract. Data on the share of various types of damage to rolling bearings in tractors of different brands and even in tractors of the same brand, but in different samples, may differ slightly, since this ratio is the result of the influence of a number of variable factors, including the load on the bearing units, the properties of abrasive particles that get into the lubricant and depend on soil conditions during tractor operation, the frequency of violations of the specified oil change intervals, etc. The reason for the decrease in the durability of the second group is deviations from the technology of manufacturing and repair of machines. Ovality, conicity and other defects of the mounting surfaces lead to an unfavorable redistribution of the load between the rolling elements and fatigue spalling of the metal. Failure to maintain the alignment of shafts and mounting holes leads to pinching of rolling elements, misalignment of rings and failure of bearing parts.

Keywords: bearing, mounting places, damage, operation, wear, repair stock, technical requirements, quality.

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].

IRSTI 30.03.19

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/HBEA9018

RESEARCH OF THE OPERATING MODE OF PERFORATORS

Abstract. The article presents the main provisions of the Partial Wave Method for solving direct and inverse problems for systems of hyperbolic equations. As an example, the problem of determining the geometry of a hammer by the shape of the first wave of the pulse generated by the hammer in a homogeneous cylindrical rod is considered.

Keywords: hyperbolic differential equations, longitudinal impact, graph-analytical methods of solution, inverse problems, waves.

Myasnikov A.A. Research of the operating mode of perforators //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.4(86). – P.482-488. https://doi.org/10.55956/HBEA9018

Introduction. A wide class of problems in dynamics and technology is described by linear partial differential equations of hyperbolic type:

$$a_{11}(x,\tau)\frac{\partial^2 u(x,\tau)}{\partial x^2}+2\,a_{12}(x,\tau)\frac{\partial^2 u(x,\tau)}{\partial x\,\partial \tau}+a_{22}(x,\tau)\frac{\partial^2 u(x,\tau)}{\partial \tau^2}+$$
$$+b_1(x,\tau)\frac{\partial u(x,\tau)}{\partial x}+b_2(x,\tau)\frac{\partial u(x,\tau)}{\partial \tau}+c(x,\tau)u(x,\tau)+F(x,\tau)=0 \quad ,$$
$$a_{12}^2-a_{11}\,a_{22}>0 \quad ;$$

where: $u(x,\tau)$ – the desired function of two independent variables x and τ; $a_{11}(x,\tau)$, $a_{12}(x,\tau)$, $a_{22}(x,\tau)$, $b_1(x,\tau)$, $b_2(x,\tau)$, $c(x,\tau)$, $F(x,\tau)$ – known functions.

Euler showed that the solution of hyperbolic equations are wave-type objects. Apparently, there is no single strict definition of waves. It is preferable to be guided by the intuitive idea of a wave as a disturbance (or signal) moving along a medium with a certain determined speed. The disturbance can be of any type, provided that its localization is determined at any moment in time. The disturbance can be distorted, change its parameters, including the speed of propagation, but at the same time remain clearly distinguishable.

This approach may seem somewhat vague, but it is quite acceptable. Any attempt to give a more rigorous definition leads to significantly greater limitations.

Materials and methods. The concept of wave motion is one of the most complex scientific concepts. On the one hand, wave motion is often limited to a description with a set of more or less substantiated hypotheses. On the other hand, wave motion is studied by many disciplines, since wave processes are encountered in almost all areas of science and technology. Although the phenomena often have unique features, it was possible to develop general approaches to mathematical modeling of wave processes.

Waves described by hyperbolic partial differential equations are usually called hyperbolic waves.

Solutions to partial differential equations do not determine the desired functions in the full sense, but only determine some properties of the class of functions satisfying the equations. The functions themselves are further defined by initial and boundary conditions.

Application of the partial wave method to solve direct and inverse problems of systems of hyperbolic partial differential equations is considered in relation to problems of mathematical modeling of impact systems for technological purposes.

The general scheme of impact systems is shown in Figure 1.

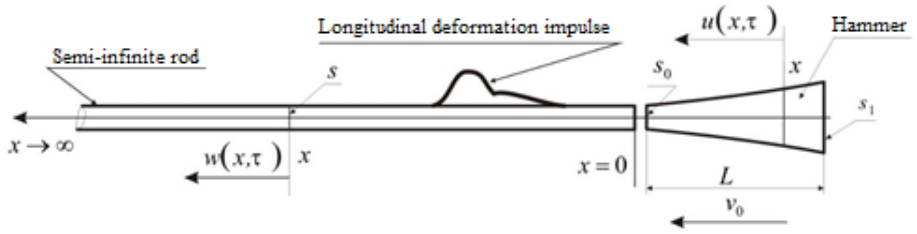


Fig. 1. Scheme of technological impact systems

A hammer, which is a short rod of variable cross-section – a hammer – strikes a long semi-infinite cylindrical rod. If the material of the rods is homogeneous, the ends are flat, then the dynamics of the interaction are described by the following system of equations, in the coordinate system shown in Figure 1:

$$\frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2}+\frac{d\,s(x)}{d\,x}\frac{1}{s(x)}\frac{\partial w(x,t)}{\partial x}-\frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2}=0\quad,\quad \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}=0$$

with initial conditions:

$$u(x,0)=0\,,\quad w(x,0)=0\,,\quad \frac{\partial u(x,0)}{\partial t}=0\,,\quad \frac{\partial w(x,0)}{\partial t}=\frac{v_0}{c}\,;$$

and boundary conditions:

$$\frac{\partial w(-L,t)}{\partial x}=0\;,\quad u(0,t)=w(0,t)\;,\quad s\frac{\partial u(0,t)}{\partial x}=s_0\frac{\partial w(0,t)}{\partial x}\,,$$

$$\lim_{x\to\infty}\frac{\partial u(x,t)}{\partial x}=0\,;$$

where: $w(x,\tau)$ – function of displacement of the hammer cross-section with coordinate x at a point in time τ; $u(x,\tau)$ – rod cross-section displacement function; $s(x)$ – hammer cross-sectional area function; s – cross-sectional area of a semi-infinite rod; $t=c\tau$; $c=\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ – the velocity of propagation of longitudinal vibrations in a rod with a modulus of elasticity *E*, density ρ; s_0 – hammer striking face area.

The direct problem is the determination of the relative deformation function in a semi-infinite rod. $\varepsilon_u(x,t)=\frac{\partial u(x,t)}{\partial x}$ developed by the impulse of dynamic deformation generated by the longitudinal impact of a hammer of a given geometry.

The inverse problem is the determination of the geometry of a hammer through the function of the cross-sectional area of the hammer $s(x)$ according to the known function of relative deformation in a semi-infinite rod $\varepsilon_u(x,t)=\frac{\partial u(x,t)}{\partial x}$ developed by the impulse of dynamic deformation.

The method of partial waves is based on the position that longitudinal dynamic deformation of homogeneous rods is described by the equation:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}=0,$$

the solution of which can be represented as:

$$u(x,\tau)=f_+(x-t)+f_-(x+t);$$

where function $f_+(x-t)$ defines a wave moving along a rod without distortion in the positive direction of the coordinate axis of the cross sections x; $f_-(x+t)$ – a wave moving in the negative direction of the coordinate axis, as shown by L. Euler.

The process of generating longitudinal waves by impact is determined from the condition of continuity of the flow of forces and displacements at the impact ends of the rods, (Fig. 2).

If the colliding rods n and $n+1$ or the impact stages are cylindrical, then the relative deformations developed by the waves will be constant and can be represented by the formulas:

$$\varepsilon_{n+1}=\varepsilon_+\cdot\overline{\eta}(t-x),$$
$$\varepsilon_n=\varepsilon_-\cdot\overline{\eta}(t+x),$$

where: $\overline{\eta}(z)=\begin{cases}1, & npu\ z>0\\ 0, & npu\ z<0\end{cases}$,

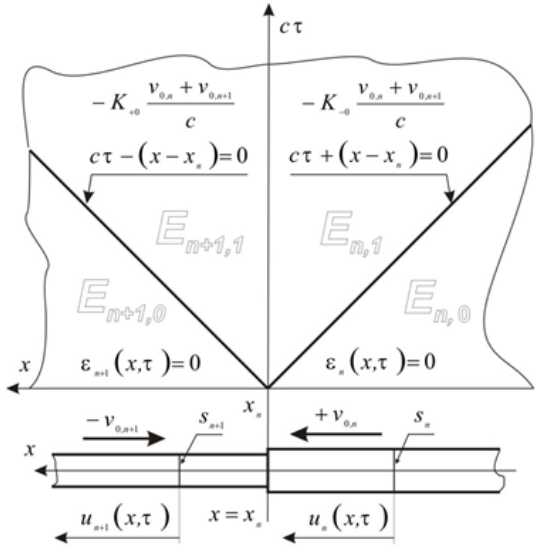


Fig. 2. To the analysis of the generation of dynamic deformation waves of cylindrical rods under longitudinal impact

Heaviside impulse function.

From the equations defining the continuity of the flows of forces and displacements, the functions of the waves generated at the junction of the rod steps are found from the moment a certain generating wave reaches the boundary of the steps. The analysis shows that the waves generated at the junction of cylindrical steps develop relative deformations of constant magnitude.

Thus, an accurate analysis is constructed in the case of a collision of stepped cylindrical rods, naturally, within the accuracy of the longitudinal dynamic modeling model of the rods.

It can be assumed that in the model, the replacement of rods with curvilinear generatrices of the lateral surface by stepped cylindrical rods can be quite correct. In this case, the main system will be replaced by an infinitely finite system of equations:

$$\frac{\partial^2 u_1(x,t)}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 u_1(x,t)}{\partial t^2}=0,$$

$$\frac{\partial^2 u_2(x,t)}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 u_2(x,t)}{\partial t^2}=0,$$

$$\ldots$$

$$\frac{\partial^2 u_m(x,t)}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 u_m(x,t)}{\partial t^2}=0;$$

with a correspondingly modified system of boundary conditions.

Research results and discussion. It is quite difficult to trace analytically and even more so to rationally present the solution of the direct problem. Graphical presentation of part of the information significantly simplifies the presentation of the solution. The coordinate plane is divided by characteristics corresponding to the Heaviside functions into triangular regions, where the values corresponding to the

relative deformations developed by partial waves have the same value. An example of the solution of the direct problem is shown in Figure 3.

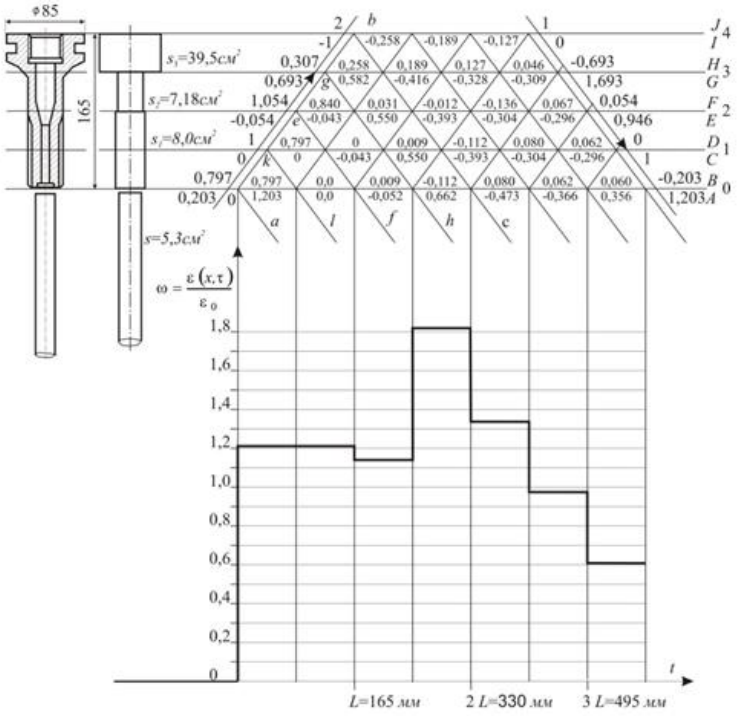


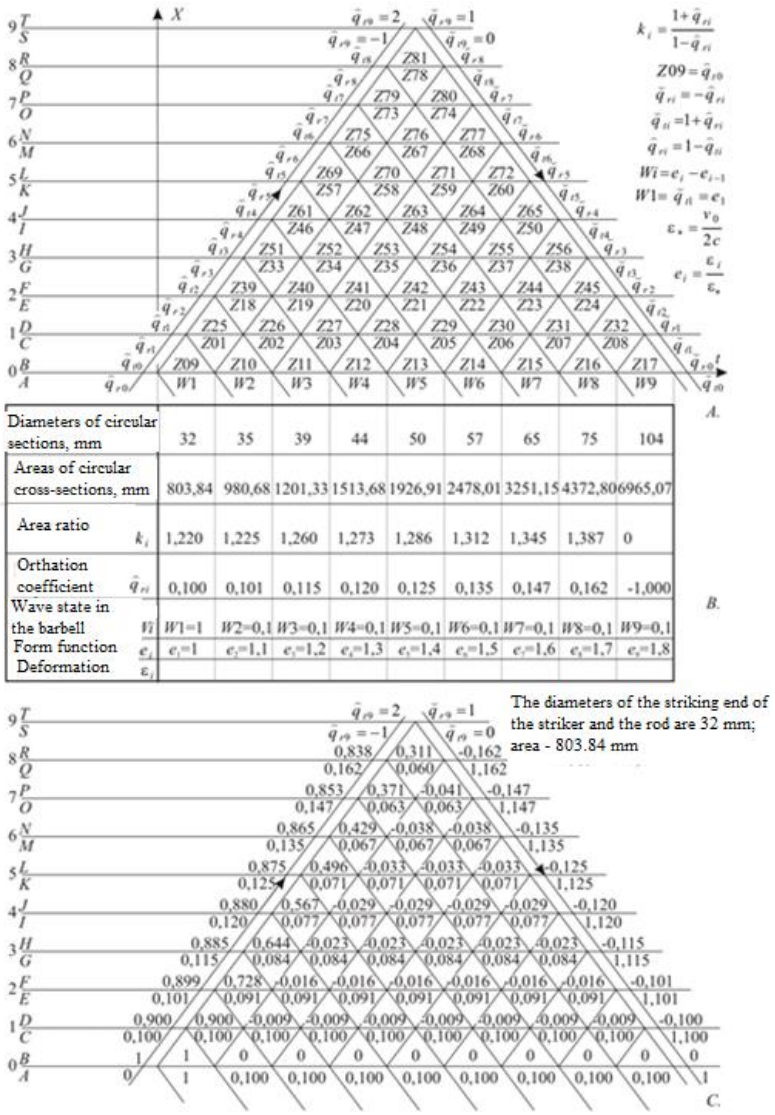
Fig. 3. Graph-analytical solution of the direct problem by the partial wave method

When constructing an algorithm for solving direct problems using the partial wave method, dependencies were discovered that made it possible to create an algorithm for solving inverse problems.

An example of solving an inverse problem is shown in Figure 4. In this case, this is a solution to the problem of determining the geometry of a hammer generating a "triangular" pulse, i.e. a pulse with a linearly increasing value of the relative deformation developed by the first wave.

The relative deformation function was chosen as the desired one. Modern experimental equipment records exactly the relative deformations on the surface of the rods. The remaining functions characterizing the pulse of longitudinal dynamic deformation: stress, velocity, effort are linearly related to the function of relative deformation.

Conclusion. To check the accuracy of the method, analytical solutions can be used to determine the pulses of dynamic deformation generated in a semi-infinite rod by a longitudinal blow of hammers with curvilinear generators of the lateral surface.



Diameters of circular sections, mm	32	35	39	44	50	57	65	75	104
Areas of circular cross-sections, mm	803,84	980,68	1201,33	1513,68	1926,91	2478,01	3251,15	4372,80	6965,07
Area ratio k_i	1,220	1,225	1,260	1,273	1,286	1,312	1,345	1,387	0
Orthation coefficient $\bar{q}_{ri}$	0,100	0,101	0,115	0,120	0,125	0,135	0,147	0,162	-1,000
Wave state in the barbell Wi	$W1=1$	$W2=0,1$	$W3=0,1$	$W4=0,1$	$W5=0,1$	$W6=0,1$	$W7=0,1$	$W8=0,1$	$W9=0,1$
Form function e_i	$e_1=1$	$e_2=1,1$	$e_3=1,2$	$e_4=1,3$	$e_5=1,4$	$e_6=1,5$	$e_7=1,6$	$e_8=1,7$	$e_9=1,8$
Deformation ε_i									

The diameters of the striking end of the striker and the rod are 32 mm; area - 803.84 mm

Fig.4. Solution of the inverse problem of longitudinal collision of rods by the partial wave method

References

1. Agafonov S.A., German A.D Muratova T.V. Differentsial'nyye uravneniya [Differential Equations]: textbook for universities. 2nd ed. /Ed. by V.S. Zarubin, A.P. Krishchenko. – Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2000. – 348 p. [in Russian].
2. Tereshchenko S.V. Obyknovennyye differentsial'nyye uravneniya pervogo po-ryadka [Ordinary Differential Equations of the First Order]: textbook-method manual for solving problems. – Apatity, Publishing House of the KF PetrSU, 2003. – 75 p. [in Russian].

Material received on 20.12.24.

А.А. Мясников

Қырғыз Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, Физикалық-техникалық мәселелер институты, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы

ПЕРФОРАТОРДЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Гиперболалық типті теңдеулер жүйесінің тура және қайтарымды есептерін шешуге арналған жартылай толқындар әдісінің негізгі принциптері келтірілген. Мысал ретін-де біртекті цилиндрлік өзекшедегі балғамен тудыратын импульстің бірінші толқыны түріндегі балғаның геометриясын анықтау мәселесі қарастырылған.

Тірек сөздер: гиперболалық типті дифференциалдық теңдеулер, бойлық әсер ету, шешудің графи-калық-аналитикалық әдістері, кері есептер, толқындар.

А.А. Мясников

Национальная академия наук КР, Институт физико-технических проблем, г. Бишкек, Кыргызская Республика

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ПЕРФОРАТОРОВ

Аннотация. Изложены основные положения метода парциальных волн для решения прямых и обратных задач систем уравнений гиперболического типа. В качестве примера рас-смотрена задача определения геометрии молотка по форме первой волны импульса, генерируемого молотком в однородном цилиндрическом стержне.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения гиперболического типа, продольный удар, графоана-литические методы решения, обратные задачи, волны.

ҒТАМР 30.19.51

М. Ибылдаев ©

Техн. ғылым. канд., доцент

https://orcid.org/0000-0003-1857-5550

Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,

Тараз қ., Қазақстан

ibildaev@mail.ru

https://doi.org/10.55956/QOVW4610

САТЫЛЫ БІЛІКТЕРДІ ҚЫСУҒА АРНАЛҒАН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ҚОНДЫРҒЫ

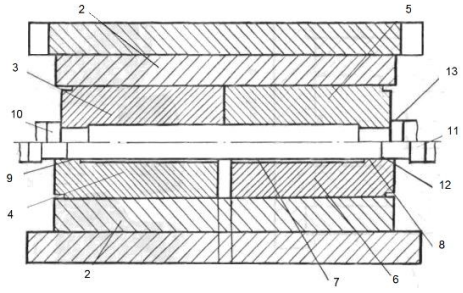
Аңдатпа. Қадамдық біліктерден соғуды жасау үшін тегіс ұзын біліктер мен бұталардан соғуды қалыптастыру схемасы негіз ретінде қабылданады. Қадамдық біліктерден соғуды жасау үшін тегіс ұзын біліктер мен бұталардан соғуды қалыптастыру схемасы негіз ретінде қабылданады. Гидропресс итергіш цилиндрінің көмегімен соғу матрицасынан итеру дұрыс әсер етпейді, өйткені штампты ашқан кезде соғу төменгі және жоғарғы жартылай матрицаларда болуы мүмкін. Тәжірибе көрсеткендей, штампды ашқан кезде бөлшектердің 20-25% жабысады оңғы жартылай матрицада және оларды жартылай матрицалардан қолмен алып тастау процесінде бөліктер зақымдалады.

Тірек сөздер: эксперименттік қондырғы, штамп, пресс, матрицалар, пуансон, қысу, техникалық талаптар, сапа.

Ибылдаев, М. Сатылы біліктерді қысуға арналған эксперименттік қондырғы [Мәтін] / М. Ибылдаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №4(86). – Б.489-493. https://doi.org/10.55956/QOVW4610

Кіріспе. Қадамдық біліктерден соғуды жасау үшін тегіс ұзын біліктер мен втулкалардан соғуды қалыптастыру схемасы негізге алынды [1]. Мұндай соғулардың пайда болуына арналған мөр (1-сурет) төменгі *1* және жоғарғы *2* клиптен тұрады, оның цилиндрлік көлденең саңылауында *3, 4, 5* және *6* жылжымалы секциялар орнатылған. Жабық штампта бөлімдер екі жартылай матрицаны құрайды, онда тозған Білік *7* оның соңына дәнекерленген компенсатормен орналастырылған. *8* және *9* матрицалардың орталықтандырғыш белдіктеріне орнатылған дайындама жеке гидравликалық жетектері бар *10* және *11* сатылы пуансондармен тұндырылады. Қысудың бастапқы кезеңінде *12*-нің кіші ұштары металды центрлік белдіктерден вытыстырады, содан кейін *13* соққының үлкен ұштары матрицаларға әсер етеді. Қозғалу кезінде матрицалар дайындаманы l ұзындығына аздап жанасу үйкелісімен орналастырады. Бұл l/d қатынасы 3-тен 11-ге дейін немесе одан да көп [2,3] болатын дайындамаларды қысуға мүмкіндік береді. Соғуды қалыптастырудың осы схемасын жүзеге асыру үшін қадамдық біліктерге шөгу арқылы макет штампында эксперимент жүргізілді (2-сурет) *1*-тірек

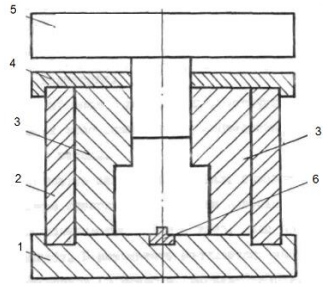
тақтасынан, *2*-клиптен, *5*-үлгі орналастырылған *4*-қақпағы бар *3*-сатылы матрицадан тұрады. Үлгі *6*-соққымен баспасөзге қойылды.



Сурет 1. Тегіс біліктерді қысуға арналған штамп схемасы

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тозған сатылы біліктерден соғу қалыптау кезінде үлкен және кіші диаметрлі қадамдардың түйіскен жерінде жабық штампда қысу арқылы 7 сақиналы қыстырғыш түзілетіні анықталды, ол көптеген біліктер үшін беріктік шарттары бойынша қолайсыз болып табылады. Осыған байланысты сатылы біліктерді қысу кезінде қысқышты жою мәселесі шешуді қажет етеді. Сонымен қатар, белгілі жұмыстар [4,5] сплайн және бұрандалы беттері бар бөлшектерден соғу арқылы соғу процесін қарастырған жоқ.

Тозған біліктерден соғуды дайындау гидравликалық көп шпиндельді престерде жүзеге асырылады. Гидропресс итергіш цилиндрінің көмегімен соғу матрицасынан итеру дұрыс әсер етпейді, өйткені штампты ашқан кезде соғу төменгі және жоғарғы жартылай матрицаларда болуы мүмкін. Матрицаның көлденең осіне, штамп коннекторының жазықтығына қатысты жоғары жылжу арқылы матрицаның төменгі бөліктерінде соғуды ұстауға арналған белгілі ұсыныстар шектеулі, өйткені соғуды ұстайтын иықтар тез тозады.



Сурет 2. Сатылы біліктерді қысу бойынша эксперимент жүргізуге арналған штамп макеті

Ұзын өлшемді біліктердің соғуы штампнан алынып тасталуы керек, осылайша штампның жоғарғы жартысынан шығарылған кезде олардың үлкен биіктіктен құлап кетуіне жол берілмейді, нәтижесінде олардың геометриясы бұрмаланады.

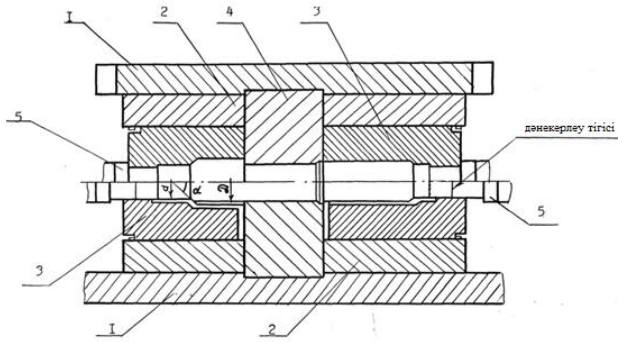
Алдын ала эксперименттік зерттеулер жабық штамптарда қысу арқылы соғулардың пайда болуы мүмкін емес екенін анықтады, өйткені үлкен және кіші диаметрлі қадамдардың конъюгациясында сақина қысқышы пайда болады, бұл көптеген біліктер үшін беріктік шарттарына сәйкес қолайсыз.

Штамптың дизайнына қойылатын негізгі талаптар-соғудың оңтайлы параметрлерін қамтамасыз ету, оларды матрицадан зақымдамай алып тастау және жұмыстағы сенімділік.

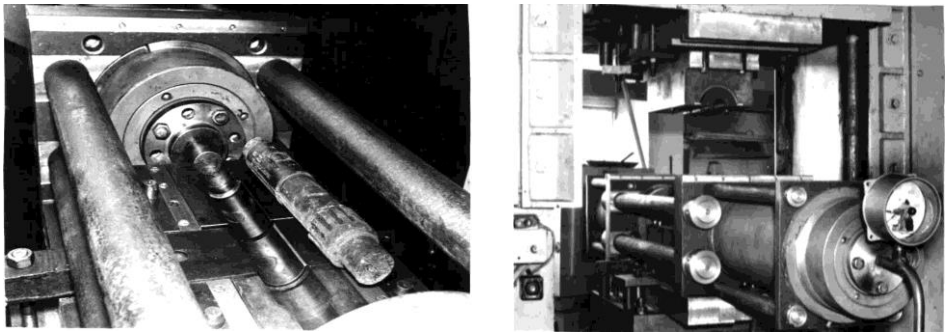
Зерттеу нәтижелері. Қысу арқылы сатылы біліктерді қалпына келтіруге арналған қондырғы көлденең бағаналы престен тұрады (3, 4-сурет), *1*-плитаға орнатылды, онда екі жылжымалы матрица орналастырылған *2* ажыратылатын қысқышы бар штамп орнатылды, жеке гидравликалық цилиндрлерден жетегі бар *5* сатылы соққылар енгізілді. Орнату 4,0 МН тік гидропресс үстеліне орналастырылған. Штампның жоғарғы бөлігі осы Престің жылжымалы үстеліне (траверсіне) бекітіледі.

Орнату келесідей жұмыс істейді. Қыздырылған дайындаманы штампның төменгі бөлігіне орналастырады, штампның жоғарғы бөлігі бар траверс төмен қарай қозғала бастайды, нәтижесінде штамп жабылады, оның жұмыс істемейтін бөлігі бір уақытта штампның орталықтандырылған бөліктерінде орналасады. Жұмыс барысы аяқталған сәтте траверстер жеке жетектері бар соққылар жұмысқа кіріседі. Соққылар соққылар матрицаларына дейін жұмыс істейді, тозған білікті қоршайды, содан кейін соққылар мен соққылар матрицалары бірге жұмыс істей бастайды, ақырында дайындаманы қоршап, металды тозған және кесілген беттерге жылжытады.

Тәжірибе көрсеткендей, штампды ашқан кезде бөлшектердің 20-25% жабысадыоңғы жартылай матрицада және оларды жартылай матрицалардан қолмен алып тастау процесінде бөліктер зақымдалады.



Сурет 3. Жабық штампда қысу арқылы сатылы біліктерді қалпына келтіруге арналған эксперименттік қондырғының схемасы



а) төбесінен көрініс б) жалпы көрініс

Сурет 4. Жабық штампда қысу арқылы сатылы біліктерді қалпына келтіруге арналған эксперименттік қондырғы

Қорытынды. Сатылы біліктерді қалпына келтірудің ең прогрессивті әдісі-тегіс біліктерді, втулкаларды, редукторларды қалпына келтіру бойынша зерттеулермен расталған ыстық көлемді штамптау әдісі.

Жылжымалы матрицалардың әртүрлі қозғалыстарымен сатылы біліктерді қысу бойынша жүргізілген тәжірибелер матрицаның қозғалысы басталған кезде жылжымалы матрица мен Н2 ұстау ұшы арасындағы алшақтық 12 мм - ге тең болуы керек екенін көрсетті. Егер Н2 L10 мм болса, соққының жұмысының соңында шөгу күші айтарлықтай артады.

Осылайша алынған соғу барлық өңделетін беттерде қажетті жеңілдіктерге ие (бір жағына 1,0-1,2 мм).

Әдебиеттер тізімі

1. Ибылдаев, М.Х. Технология восстановления ступенчатых валов нефтегазовой техники горячей объемной штамповкой [Текст]: монография / М.Х. Ибылдаев. – Тараз: «Издательство ТИГУ», 2014. – 157 с.
2. Пашин Ю.Д. и др. Восстановление пальцев и втулок сборных звеньев гусениц объемной штамповкой: Тезис доклада т.4. Центральные правление всесоюзного экономического общества [Текст] / Ю.Д. Пашин. – Сумы, 1989. – 16 с.
3. Пашин, Ю.Д. Устройство для осадки деталей [Текст] / Ю.Д. Пашин, С.А. Богатырев, А.У. Абдуллаев // А.С.1426687 (СССР). Опубл. 30.09.88. БЮЛ. №36.
4. Коликов, А.П. и др. Новые процессы деформации металлов и сплавов [Текст] / А.П. Коликов. – М.: Высшая школа, 1986. – 350 с.
5. Пашин, Ю.Д. Восстановление деталей автомобилей, тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин способом давления. Аналитический обзор [Текст] / Ю.Д. Пашин. – Саратов, 1983. – 8 с.

Материал редакцияға 22.12.24 түсті.

М. Ибылдаев

Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации, г.Тараз, Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОСАДКИ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Аннотация. Для изготовления поковок из ступенчатых валов за основу принята схема формообразования поковок из гладких длинномерных валов и втулок. Для изготовления поковок из ступенчатых валов за основу принята схема формообразования поковок из гладких длинномерных валов и втулок. Выталкивание из матрицы поковок с помощью цилиндра выталкивателя гидропресса не дает должного эффекта, так как поковка при раскрытии штампа может находиться как в нижних, так и в верхних полуматрицах. Как показывает практика, при раскрытии штампа 20-25% деталей прилипающих к верхней полуматрице и в процессе удаления их из полуматриц вручную детали получают повреждение.

Ключевые слова: экспериментальная установка, штамп, пресс, матрицы, пуансон, осадка, технические требования, качество.

M. Ibyldaev

Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

EXPERIMENTAL SETTLEMENT OF STEP SHAFTS

Abstract. The scheme of forming forgings from smooth long shafts and bushings is adopted as a basis for the production of forgings from stepped shafts. The scheme of forming forgings from smooth long shafts and bushings is adopted as a basis for the production of forgings from stepped shafts. Pushing forgings out of the matrix using the ejector cylinder of the hydraulic press does not give the desired effect, since the forging can be in both the lower and upper semi-dies when the die is opened. As practice shows, when the die is opened, 20-25% of the parts stick to the upper semi-die and in the process of removing them from the semi-dies manually, the parts are damaged.

Keywords: experimental setup, stamp, press, matrices, punch, upsetting, technical requirements, quality.

References

1. Ibyldayev, M.KH. Tekhnologiya vosstanovleniya stupenchatykh valov neftegazovoy tekhniki goryachey ob"yemnoy shtampovkoy [echnology of restoration of stepped shafts of oil and gas equipment by hot volume stamping]: monograph. – Taraz: “TIGU Publishing House”, 2014. – 157 p. [in Russian].
2. Pashin YU.D. et al. Vosstanovleniye pal'tsev i vtulok sbornykh zven'yev gusenits ob"yemnoy shtampovkoy: Tezis doklada t.4. Tsentral'nyye pravleniye vsesoyuznogo ekonomicheskogo obshchestva [Restoration of pins and bushings of assembled track links by volume stamping: Abstract of the report Vol. 4. Central Board of the All-Union Economic Society]. – Sumy, 1989. – 16 p. [in Russian].
3. Pashin, YU.D. Ustroystvo dlya osadki detaley [Device for upsetting parts] // A.S.1426687 (USSR). Published 30.09.88. BUL. No. 36. [in Russian].
4. Kolikov, A.P. et al. Novyye protsessy deformatsii metallov i splavov [New processes of deformation of metals and alloys]. – Moscow: Higher School, 1986. – 350 p. [in Russian].
5. Pashin, YU.D. Vosstanovleniye detaley avtomobiley, traktorov, kombaynov i drugikh sel'skokhozyaystvennykh mashin sposobom davleniya. Analiticheskiy obzor [Restoration of parts of cars, tractors, combines and other agricultural machines by pressure. Analytical review]. – Saratov, 1983. – 8 p. [in Russian].