DULATY
UNIVERSITY
Taraz | since 1958

№ 2
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 (26.03.2024 ж. №374 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 №374 от 26.03.2024 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 ӨҢІРЛІК УНИВЕРСИТЕТІ»
КЕ АҚ

МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журнал

1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады

Жылына төрт рет шығады

ISSN 2308-9865
eISSN 2959-7994

№ 2 (84)
Сәуір-маусым
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 30.06.2024. Форматы 70×180/16. Шартты баспа табағы 44,79. Тираж 300 дана. Тапсырыс 304.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО
«ТАРАЗСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ 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

№ 2 (84)
Апрель-июнь
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 30.06.2024. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 44,79. Тираж 300 экз. Заявка 304.

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

© Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, 2024

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGH EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

M.Kh. DULATY
TARAZ REGIONAL UNIVERSITY

MECHANICS & TECHNOLOGIES

Scientific Journal

Published since January 1994

Published four times a year

ISSN 2308-9865
eISSN 2959-7994

No. 2 (84)
April-June
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 30.06.2024. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 44.79. Edition 300 copies. Application 304.

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

© M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, 2024

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGIES

Хамитбек А.Х., Кайрбаева А.Е., Копылов М.В.
Балқарағай жаңғағының ылғалдылығының шағылу күшіне әсерін анықтау 9

Иванникова Н.В., Антимонова О.Н.
Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы ……. 23

Сериккызы М.С., Манап Қ.Р., Байболова Л.К., Кулажанов Т.К.
Ысталған шұжықтың сапасы мен қауіпсіздігін зерттеу …….. 30

Болгер О.И., Сариева Г.Е., Сариев Ф.Б.
Обогащение кисломолочных продуктов йодом в целях профилактики и лечения йододефицита ……... 38

Оразов А.Ж., Каиргалиева Г.З., Жаксыгалиева Д.С., Амантай А.Қ.
Қантты печеньенің тағамдық құндылығына гүл тозаңының әсері …… 44

Тултабаева Т.Ч., Жакупова Г.Н., Макангали Қ.Қ., Сағандық А.Т., Мулдашева А.Х., Ахметжанова А.Т.
Симменталь сиырларының уыз сүтінің физикалық-химиялық құрамын тамақ өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде зерттеу ……. 54

Сенгирбекова Л.К., Сыздықова Л.С., Серикбаева А.Н., Джумабекова Г.Ш.
Әртүрлі жарма қосылған көкөніс дәмтағам консервілерінің микрофлорасын зерттеу ……. 64

Otunshiyeva A.E., Bolegenova S.A., Vetokhin S.S., Lamotkin S.A., Tulekbaeva A.K.
Development of new types of vegetable oil blends with balanced fatty acid composition on the basis of kazakhstan cotton oil and belarusian linseed oil .. 73

Маликтаева П.М., Саржанова К.Ш., Умирбаева Ш.Д.
Определение качественных показателей таблеток порошка кисломолочного напитка …… 81

Саржанова К.Ш., Маликтаева П.М.
Пути улучшения качества «толокна» из зерна кукурузы ……... 87

Zhamekova Zh., Chomanov U., Iskakova Zh., Kussainova Zh., Kaldarbekova M.
Features of indicators of replaceable and non-replaceable amino acids in young cattle cuts ……... 92

Uzakov Ya., Kozhakhiyeva M., Kaldarbekova M., Makangali K.
Optimization of protein hydrolysis conditions to increase the nutritional and functional value of sausages ……. 99

ҚҰРЫЛЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Нурпеисов С.К., Медетов А.К., Карабаев Н.Т.
Бетонополимеры на основе цементошлаковых бетонов ……. 105

Lukpanov R., Dyussembinov D., Zhantlessova Zh., Altynbekova A., Yenkebayev S., Tsygulyov D., Shakhmov Zh.A.
Research on the influence of microsilica on the strength of concrete used in the composition of a two-component modified additive …….. 112

Ескермесов Ж.Е., Карымсаков Б.А., Дуйсембаев И.К.
Высокотемпературная высокопрочная сталь и полипропиленовый фибробетон …….. 122

Жусипбеков А.Қ., Артықбаев Д.Ж.
Қайта өңделген бетон толтырғыштарын бетонда қолдану ……. 129

Артиков Н.З., Копжасаров Б.Т., Моминова С.М., Дуйсенбаева С.Т., Копжасарова Г.Т.
Алкилмен алмастырылған фенолдар негізіндегі түрлендіргіш қоспа ….. 144

Нұғмансая Е.Н., Копжасаров Б.Т., Моминова С.М., Дуйсенбаева С.Т., Копжасарова Г.Т.
Кремнийлі компоненттер мен олардың газдалған бетон түрлеріне әсерін зерттеу …….. 159

Mominova S., Kopzhasarov B.
Influence of the w/s ratio on the cellular concrete properties on the basis of fly ash …… 167

Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А., Атенов Е.И.
Исследование прочностных свойств различных видов фибробетонов на статическую сжимающую нагрузку для производства забивных свай …. 175

Бекбасаров И.И., Атенов Е.И., Шаншабаев Н.А.
Об энергоемкости забивки штампа и свай разной длины при устройстве ленточного комбинированного свайного фундамента (исследования на моделях) ……... 190

Жумагулова А.А., Дюсембинов Д.С., Сабитов Е.Е., Алшинбаева А.М., Бакирбаева А.А., Шахмов Ж.А.
Влияние модификаторов на свойства асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий Казахстана ……... 207

Артықбаев Д.Ж., Жусипбеков А.Қ., Досалиев Қ.С.
Тұрғын үй құрылысында қолданылатын заманауи материалдар мен конструкциялар ……... 218

Dushevina A.M.
Study of the strength of caustic dolomite-based materials ……... 228

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

CHEMICAL TECHNOLOGIES

Шералы А.Н., Қалмаханова М.С., Snow D.D., Жарлыкапова Р.Б.
Топырақтың құрылымдану қабілетін суда еритін полимердің қатысында зерттеу …….. 238

Кулбаева Д.А., Сейтбекова Г.А., Шолақ А., Нұрлыбаева А.Н., Мурзакасымова Н.С.
Өндіріс қалдығы фосфогипсті құрылыста гипс байланыстырушы материал ретінде зерттеу ……..……... 246

Усипбекова Е.Ж., Сүлейменова Г.А., Сейлханова Г.А.
Саздар негізінде иондық өткізгіштігі жоғары полимерлі электролиттер жасау …… 255

Жусипназарова Г.М., Решми Р., Дарменбаева А.С.
Целлюлозаны лабораторияда алу және оның қасиеттерін зерттеу …… 265

Bakhram Z.S., Bayisbay O.P., Azimov A.M., Seitkhanov N.T., Brener A.M., Pecherskiy V.N.
Calculation of adsorption apparatuses with a layer of expanded substances … 272

Sadykov V.A., Simonov M.N., Hassan A.
Methods for producing hydrogen: a brief overview ……. 284

Волненко А.А., Сериков А., Абжапбаров А.А., Левданский А.Э., Жумадуллаев Д.К.
Расчет порозности и эквивалентного диаметра насадки тепломассообменного аппарата с регулярной вращающейся насадкой … 289

ЖЕҢІЛ ӨНЕРКӘСІП ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

Сабырханова С.Ш., Абзалбекұлы Б., Елдияр Г.К.
Сравнительный анализ структур текстильных материалов с применением различных видов модифицированых природных красителей ……... 299

Рахметбай Д.К., Джунисбеков М.Ш., Шардарбек М.Ш., Кодиров Т.Ж.
Разработка способа прямого дубления меховых овчин …….. 308

Ботабаев Н.Е., Бектурсунова А.К., Абсаллимова А.К., Ердем Р., Өміртай М.Қ.
Изменение калориметрических характеристик текстиля при их антибактериальной обработке наночастицами металлов ……... 313

Ешжанов А.А., Мурзабаева Г.К., Тожимирзаев С.Т., Калдыбаев Р.Т., Абзалбекұлы Б., Батыркулова А.А.
Тарау жылдамдығының иірім жіптің сапалық көрсеткіштеріне әсері ….. 327

Бобоев Ф.А., Мирзаев Ш., Зуфарова Д.Д.
Обувная промышленность Китая и основные факторы её развития ……. 338

Абсаллимова А.К., Ботабаев Н.Е., Бектурсунова А.К., Еркебай М.Н.
Күміс нанобөлшектерінің бактерицидтік әсері және тоқыма өндірісінде қолданылуы …… 345

Borkulakova Zh.K., Shardarbek M.Sh., Ilkhamova M.U., Mazhihanova B.K., Kauymbaev R.T.
A research on the air permeability of needle-punched nonwovens made from sheep wool fibers …….. 353

Sabyrkhanova S.Sh., Yeldiyar G.K., Abzalbekuly B.
Overview of plant extracts from the flora of the Kazakhstan for dyeing and printing textile materials ……..... 360

Zhambylbay A.B., Sarimsakov O.Sh., Mardanov B.M., Yeshzhanov A.A.
Development of a mathematical model and analysis of the release of impurities from the fibrous mass when cleaning cotton fiber using an aeromechanical method …… 369

Тилеубердиева У.М., Калдыбаев Р.Т., Эрдем Р., Калдыбаева Г.Ю.
Ретроспективный анализ научных исследований по разработке специальной одежды для строительной отрасли ……. 380

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES

Сулейменов Б.А.
Фосфорды тазалау процесін тиімді бақылау үшін интеллектуалды алгоритмдердің жасалуы және зерттелуі ……. 389

Бөлеев Қ., Болеева Л.К.
Ақпараттық технологияларды қолдана отырып, болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге даярлық көрсеткіштерін математикалық-статистикалық бағалау …… 405

Krahmaleva Yu.R.
Bessel equation and functions in computer mathematics system ……. 426

Abiev N.A., Abiev E.N.
Using classical analysis and computer technologies to study power-exponential type equations …… 440

МЕХАНИКА

MECHANICS

Кадиримбетова А.К., Наметкулова Р.Ж.
Қыздырылған бөлшектің тұтқыр сұйықтағы қозғалысын теориялық зерттеу …….. 448

Иманбек О., Абдраманова Г.
Аралық энергиялардағы не изотоптарындағы адрондардың серпімді шашырауы ……... 458

Ткаченко И.М.
Прямое определение динамических свойств классической однокомпонентной плазмы кулона и юкавы …… 468

Ibildaev M.
Theoretical study of the scheme of shaping forgings by upsetting from step shafts ……. 479

ҒТАМР 65.09.03

А.Х. Хамитбек[1] – *негізгі автор*,
А.Е. Кайрбаева[2], **М.В. Копылов**[3]

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

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0003-2321-7686* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9578-7795*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-2678-2613*

[1,2]*Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан*
[3]*Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті Воронеж қ., Ресей*

@ [1]*khamitbekov00@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/RQQT4151

БАЛҚАРАҒАЙ ЖАҢҒАҒЫНЫҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ШАҒЫЛУ КҮШІНЕ ӘСЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Зерттеуді жүргізу үшін балқарағай жаңғағы екі параллель панельдің арасына орналастырылды, олар жаңғақтың шағылуын бастау үшін қажетті шағылу күшін, деформациясын, қуатын және қаттылығын анықтады. Сынақтар жаңғақтың 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 және 30,1% ылғалдылық мәндерінде және жаңғақ орналасуының екі түрінде (тік және көлденең) жүргізілді. Алғашқы жағдайда балқарағай жаңғағы тігінен орналастырылды, жаңғақтың үлкен осі жүктеу бағытына параллель болды. Келесі жағдайда көлденең жүктеу кезінде жаңғақтың үлкен осі жүктеу бағытына перпендикуляр болды. Жаңғақ пен ядроның физикалық сипаттамалары, яғни массасы, өлшемдері, орташа геометриялық диаметрі, сфералығы, сыртқы бетінің ауданы және қабықтың қалыңдығы анықталды. Балқарағай жаңғағының шағылуын бастау үшін қажетті күш жүктеменің тік және көлденең бағыттары ылғалдың жоғарылауымен 714,1-ден 220,3 Н-ға дейін және 521,4-тен 249,9 Н-ға дейін төмендеді. Сонда, шағылу орнындағы деформация және жаңғақ қабығын бөлуге қажетті қуат тік және көлденең бағытта жүктеме кезінде ылғалдың жоғарылауымен азайды деген тұжырымға келдік. Жаңғақ қаттылығының көрсеткіштері ылғалдылықтың жоғарылауымен төмендеді, және бұл төмендеу жүктеменің тік бағытында ылғал мөлшері 23,6% болғанға дейін жалғасты. Атап айтқанда, кез-келген ылғалдылықта көлденең бағытта жүктелген кезде ядролардың ыдырау үрдісі әрдайым байқалды. Нәтижелер балқарағай жаңғағын шағу үшін қолайлы машинаны жобалау кезінде инженерлердің пайдалануы үшін пайдалы деректер береді.

Тірек сөздер: балқарағай жаңғағы, жабдық, дәнді бұзбай тазарту, жаңғақ ылғалдылығы, шағылу күші, структурометр СТ-2.

Хамитбек, А.Х. Балқарағай жаңғағының ылғалдылығының шағылу күшіне әсерін анықтау [Мәтін] / А.Х. Хамитбек, А.Е. Кайрбаева, М.В. Копылов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.9-22. https://doi.org/10.55956/RQQT4151

Кіріспе. Балқарағай – негізінен Ресей және Шығыс Қазақстанда кең таралған ағаштардың бірі, және балқарағай жаңғағы Еуропада да, Солтүстік Америкада да танымал жаңғақ түрі болып табылады. Балқарағай жаңғағы балқарағай бүршігінің ішінде кездеседі. Балқарағай ядросы немесе балқарағай жаңғағы – дәрумендер мен ақуызы жоғары жеуге жарамды жаңғақ

болып табылады. Жалпы балқарағай жаңғағы В1 витаминінің (тиамин) жақсы көзі болып табылады. Балқарағай ядросы ет, балық және көкөністермен тағамдар дайындауда, сондай-ақ шоколад және кондитерлік өнеркәсіпте аспаздық ингредиент ретінде пайдаланылады [1-5].

Балқарағай жаңғағын жинаудан кейін, оны өңдеу кезінде дән ядросының сапасын сақтау және аршылған дәннің тағамдық құндылығын, құрамындағы дәрумендерін сақтау өзекті мәселе болып табылады, және ол әлемдегі өсіп келе жатқан халықтың ақуызы жоғары тағамға деген қажеттілігін қанағаттандыру үшін өте маңызды. Түркия балқарағай жаңғағы мен ядро өндіретін төртінші ірі ел болып табылады, оның жылдық өндірісі сәйкесінше 6000-7000 тонна жаңғақ және 1850-2000 тонна балқарағай дәнін өндіреді. Түркиядағы балқарағайлы ормандармен қамтылған жалпы аумақ 34 200 га құрайды, ол әлемдегі балқарағайлы ормандардың 9%-ын құрайды. Балқарағай жаңғағының көп бөлігі Түркияның Эгей аймағында өндіріледі және өнімнің 90%-дан астамы экспортталады, Балқарағай жаңғағының жалпы экспорттық кірісі жылына шамамен 11 700 000 АҚШ долларын құрайды. Ал елімізде, атап айтқанда Шығыс Қазақстанда 2000-3000 тонна жаңғақ және 600-1000 тонна балқарағай дәнін өндіруге қауһары бар. Алайда елімізде балқарағай жаңғағын өңдеу бойынша өнеркәсіптер жоғына таяу, сондықтан жаңғақтар Қытай және Шығыс Еуропа елдеріне экспортталады. Сонымен қатар, Шығыс Қазақстан өңіріндегі жергілікті халық және кішігірім өнеркәсіптер, яғни фермерлер балқарағай жаңғағын күнделікті тұрмыста пайдалануда [6-11].

Өндірісте балқарағай жаңғақтарын шағу барысында ядролардың сапасы айтарлықтай төмендейді. Балқарағай жаңғағынан нәзік тұтас ядроны алу үшін жаңғақтарды жару-ең жауапты және нәзік процесс болып табылады. Шағу процесі кезінде жаңғаққа қолданылатын механикалық күштердің әсерінен ядролардың зақымдалуына және сынуына әкеледі. Зақымдану дәрежесі мен түрлері балқарағай жаңғағы мен ядросының әртүрлілігі мен физикалық сипаттамаларына, сондай-ақ балқарағай жаңғағын бөлудің маңызды факторларының бірі болып табылатын күшке байланысты [12-16].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеудің барлық эксперименттері 2023 жылы Шығыс Қазақстан аймағында өсірілген балқарағай жаңғақтарымен жасалынды. Жаңғақтар шаң, кір, қоқыс сияқты барлық бөгде заттардан, сондай-ақ піспеген, сынған жаңғақтардан тазарту үшін қолмен іріктелді. Жаңғақтардың ылғалдылығы Wile 55 ылғал өлшегіш жабдығын қолданып анықталды. Сынақтар ылғалдылықтың бес мәнін қолданды 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 және 30,09%. Осы жаңғақ ылғалдылығының бес мәніне келтіру мақсатында, алғашында ылғал мөлшері балқарағай жаңғағын пеште 130°C температурада 6 сағат кептіру арқылы төмендетілді. Нәтижесінде , жаңғақтағы ылғал мөлшері 4,94% құрады. Кейіннен, дәндерді ылғалдандырып , дәннің 5% ылғал мәніне жеткіздік.

Балқарағай жаңғағының орташа мәндерін анықтау үшін 100 балқарағай жаңғағының үлгісі кездейсоқ таңдалды. Пайдаланылған әрбір жаңғақтың өлшемдері мен массасы анықталды. Негізгі перпендикуляр ось бойымен балқарағай жаңғағының өлшемдері 0,01 мм дәлдікпен электронды штангенциркульмен өлшенді (сурет 1а). Ал орташа геометриялық диаметрі, сфералық және сыртқы бетінің ауданы келесі теңдеулерді қолдану арқылы есептелді.

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L} 100 \quad (2)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (3)$$

мұндағы Dg – орташа геометриялық диаметр, мм; ϕ – сфералық, %; L – үлкен ось бойынша өлшем, мм; W – кіші ось бойынша өлшем, мм; T – қалыңдығы, мм; S – сыртқы бетінің ауданы, мм^2.

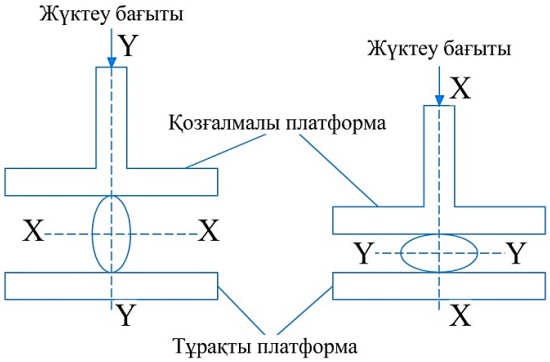
Массаны анықтау үшін әрбір үлгі 0,001 г дейін таразыда өлшенді, ал балқарағай жаңғағының механикалық қасиеттерін анықтау үшін 1-суретте көрсетілген Структурометр СТ-2 сынау құрылғысы арқылы квазистатикалық қысу сынақтары жүргізілді. Бұл құрылғы қозғалмайтын және қозғалмалы платформа, жетек блогы және деректерді жинау жүйесі болып табылатын үш негізгі компоненттен тұрады.



а) ә)

Сурет 1. Электронды штангенциркуль (а) және структурометр СТ-2 (ә)

Балқарағай жаңғағы минутына 8 мм жылдамдықпен жүктеме бағытының өзгеруін есепке алу үшін қозғалмайтын платформаға орналастырылды және жаңғақ жарылғанға дейін қуаты 1000 Н болатын жүктеме сенсорына бекітілген тақтайшамен басылды. Үзіліс нүктесі күштің деформацияға тәуелділік қисығымен анықталды, мұнда күштің кенеттен төмендеуі байқалады. Жаңғақтың жарылған дыбысы арқылы шағылу нүктесі анықталғаннан кейін жүктеу тоқтатылды. Балқарағай жаңғағының механикалық қасиеттері шағылу күші, жарылу орнындағы деформация, жарылу және қаттылық үшін қажетті қуат тұрғысынан көрсетілген. Жүктеме бағдарының механикалық қасиеттерге әсерін анықтау үшін бірінші жағдайда балқарағай жаңғақтары тігінен орналастырылды (сурет 2а), екінші жағдайда жаңғақ осі жүктеу бағытына сәйкес келеді және көлденеңінен үлкен ось жүктеу бағытына перпендикуляр болады (сурет 2ә). Алдын ала сынақтар кезінде сәйкесінше тігінен және көлденеңінен жүктелген балқарағай жаңғағының шағылу күшінің мәндері арасындағы айырмашылық статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп танылғандықтан, бұл зерттеуде тік және көлденең бағдарлар ескерілді.



а) ә)

(а) тік бағдар – жаңғақ осі жүктеме бағытына сәйкес келеді; (ә) көлденең бағдар – жаңғақ осі жүктеме бағытына перпендикуляр.

Сурет 2. Балқарағай жаңғағын әртүрлі жүктеме бағытында қысуға арналған квазистатикалық сынақ

Қысу жылдамдығы мен уақытына сүйене отырып, жаңғақтың деформациясы есептелді және күштің деформацияға тәуелділік қисықтары салынды. Осы қисықтардың көмегімен механикалық қасиеттер жаңғақ сынған кезде өлшенді. Әр ылғалдылық деңгейіндегі жиырма жаңғақ кездейсоқ таңдалды және, әр жүктеме бағытында сыналды және осы мақалада барлық 20 сынақтың орташа мәні келтірілген. Сіңірілген энергия (күш-деформация) қисықтарының астындағы ауданды өлшеу арқылы тікелей графиктен анықталды. Жаңғақты бөлуге қажетті қуат және үзіліс нүктесіндегі қаттылық мәндері келесі теңдеулерді қолдану арқылы анықталды.

$$P = \frac{E_a V}{60\,000 D} \quad (4)$$

$$Q = \frac{F}{D} \quad (5)$$

мұндағы P – жаңғақты шағу үшін қажетті қуат; Ea – жаңғақ сіңіретін энергия, МДЖ; V – жүктеме жылдамдығы мм·мин$^{-1}$; F – шағу күші, Н; D – үзілу нүктесіндегі деформация, мм; Q – қаттылық Н·мм^{1}.

Толығымен кездейсоқ бір факторлы есептеу ылғалдың шағылу күшіне, шағылу нүктесінің деформациясына және балқарағай жаңғағының көлденең және тік қысу жүктемесінің бағытында шағылуы мен қаттылығына қажетті қуатқа әсерін анықтау үшін пайдаланылды. Әрбір жүктеме бағыты үшін ылғалдың бес деңгейінде қарастырылды. Сонымен қатар, бағдарлаудың үзілу күшіне, үзіліс нүктесіндегі деформацияға, қуат пен беріктікке әсері орташа айырмашылық бойынша жалпыланған t критерийін қолдану арқылы зерттелді. Барлық суреттердегі қате бағандары репликация құралдарына қатысты стандартты қателер болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ылғал мөлшері 5,4% және 4,94% өлшеулерінен алынған балқарағай жаңғағы мен ядро өлшемдерінің орташа мәндері мен стандартты ауытқуы 1-кестеде келтірілген. балқарағай жаңғағының үлкен осі 19,50 мм, кіші осі 8,70 мм және қалыңдығы 8,43, және ылғалдылығы 5,4%. Ал балқарағай ядросы үшін сәйкес мәндер

14,66 мм, 5,27 мм және 4,68 мм болды, 4,94%. Балқарағай жаңғағының орташа геометриялық диаметрі, сфералық, көлемі мен бетінің ауданы сәйкесінше 11,23 мм, 57,69%, 745,55 мм^3 және 396,75 мм^2 екені анықталды. Бұл мәндер 7,10 мм, 48,50%, 189,30 мм^3 және 158,86 мм^2 балқарағай ядросының сәйкес мәндерінен әлдеқайда жоғары. 2-кестеде шағылу күші, деформация, жарылу үшін қажетті қуат және әртүрлі ылғалдылық пен жүктеме бағдарындағы беріктік үшін орташа және стандартты ауытқулар берілген.

Кесте 1

Балқарағай жаңғағы мен ядро өлшемдерінің орташа мәндері мен стандартты ауытқуы

Қасиеттері	Жаңғақ	Ядро
Ұзындығы, мм	19,50±1,09	14,66±0,86
Ені, мм	8,70±0,83	5,27±0,49
Қалыңдығы, мм	8,43±1,06	4,68±0,68
Орташа геометриялық диаметрі, мм	11,23±0,51	7,10±0,43
Сфералық, %	57,69±2,97	48,50±2,50
Салмағы, г	0,69±0,05	0,22±0,04
Көлемі, мм^3	745,55±103,05	189,30±32,79
Бетінің ауданы, мм^2	396,75±36,38	158,86±18,73
Қабығының қалыңдығы, мм	1,22±0,16	-

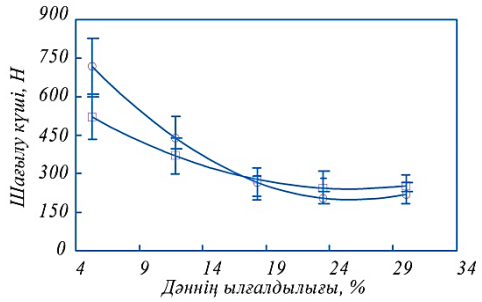
Кесте 2

Ылғал құрамы мен жүктеме бағытының шағылу күшіне, деформацияға, қуат тұтынуға және балқарағай жаңғағының қаттылығына әсері

Ылғалдылық %	Шағылу күші, Н		Деформация, мм		Тұтынатын қуат, Вт		Қаттылық, Н мм^1	
	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең
5,4	714,1 (115,96)	521,4 (85,08)	3,608 (0,525)	2,36 (0,28)	0,048 (0,01)	0,035 (0,01)	197,74 (13,31)	219,73 (21,19)
11,9	461,0 (66,93)	369,9 (68,57)	2,643 (0,634)	1,96 (0,56)	0,031 (0,01)	0,025 (0,01)	183,85 (47,15)	204,57 (71,52)
19,1	240,3 (40,17)	268,8 (54,75)	1,416 (0,366)	1,41 (0,31)	0,016 (0,002)	0,018 (0,004)	174,42 (25,17)	193,57 (35,79)
23,6	220,8 (33,44)	261,8 (49,18)	1,269 (0,345)	1,38 (0,19)	0,015 (0,002)	0,017 (0,003)	181,67 (37,18)	190,137 (29,26)
30,1	220,3 (33,44)	249,9 (46,93)	1,148 (0,182)	1,34 (0,20)	0,015 (0,002)	0,017 (0,003)	192,10 (22,32)	187,21 (29,62)

Шағылу әрекеті. Жаңғақты шағуды бастау үшін қажет күш тік және көлденең бағытта айтарлықтай төмендеді, өйткені ылғалдылық 5,4%-тен 30,1%-ға дейін 3-суретте өсті. Дегенмен, 19,1%, 23,6% және 30,1% ылғалдылықтағы балқарағай жаңғағының шағылу күшінің мәндері арасындағы айырмашылық жүктеудің екі бағыты үшін де статистикалық тұрғыдан маңызды емес екені анықталды. Тік және көлденең жүктелген Балқарағай жаңғақтары сәйкесінше 5,4% үшін 714,1 және 521,4 Н және жаңғақ жарылуын бастау үшін 30,1% үшін 220,3 және 248,86 Н қажет. ұқсас

тенденцияларды балқарағай жаңғағы үшін атап өтті. Көлденең жүктелген балқарағай жаңғақтары 19,1% ылғалдылыққа дейін тік жүктелген жаңғақтармен салыстырғанда айтарлықтай аз күш жұмсауды қажет етеді бұл ылғалдылықта тік жүктелген балқарағай жаңғақтарын бөлу үшін қажет күш көлденең жүктелген жаңғақтарға қарағанда төмен ылғалдылық 19,1 және 30,1%-ға дейін балқарағай жаңғағы суды сіңіретіндіктен, қабығы жұмсақ болады, сондықтан қабықтың кедергісі төмендейді. Сынаққа сәйкес тік және көлденең бағдарлар арасындағы алшақтық күшінің айырмашылығы шамалы болып шықты.

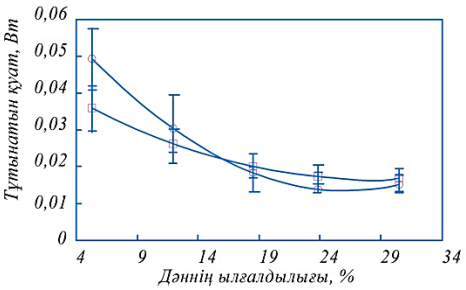


○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 3. Ылғал құрамының балқарағай жаңғағының тік және көлденең жүктеме бағытындағы шағылу күшіне әсері

Жүктеудің екі бағыты арасында айтарлықтай айырмашылықтар болмаса да, алшақтық күші 19,1% ылғалдылыққа көлденең бағытта төмен болғанымен, көлденең бағдарлау кезінде дәндердің бұзылуының үлкен тенденциясы байқалады. Сондықтан, балқарағай жаңғағының жарылу процесі жаңғақтар 19,1-дан 30,1%-ға дейінгі ылғалдылықпен жүктеменің тік бағытында қалыптасатындай етіп жасалуы керек.

Үзіліс орнындағы деформация. Ылғал құрамына және жүктеме бағытына байланысты шағылған жердегі жаңғақ деформациясы 4-суретте көрсетілген.



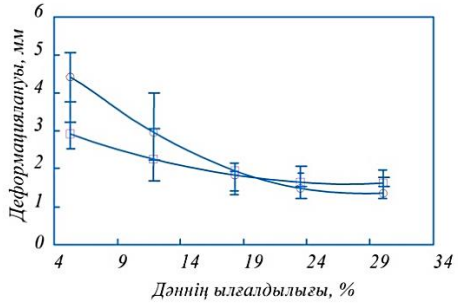
○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 4. Балқарағай жаңғағының энергия тұтынуына ылғалдың әсері жүктеменің тік және көлденең бағытында

Жаңғақ шағылған кезде пайда болатын деформация жаңғақтағы ылғалдылық жоғарылаған сайын азаяды. Тік бағдарлау кезінде деформация 3,61-ден 1,15 мм-ге дейін төмендейді, ылғалдылық 5,4-тен 30,1%-ға дейін артады. Көлденең бағдарлау кезінде үзілу нүктесіндегі деформация 2,36-дан

1,34 мм-ге дейін төмендейді, ал ылғалдылық 5,4-тен 30,1%-ға дейін. Дисперсиялық талдау нәтижелеріне сәйкес, ылғалдың жоғарылауымен деформацияның төмендеуі жүктеменің екі бағыты үшін де маңызды. Шағылу нүктесіндегі деформацияның төмендеуі қабықтың кедергісі мен жаңғақ қабығының серпімділік шегі төмендейтіндігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, сығылған кезде тұтас жаңғақ қабығын ылғалдың жоғарылауы үшін, демек, берілген жүктеме кезінде деформацияны азайту үшін тігінен екі бөлікке оңай бөлуге болады. Эксперимент нәтижесі жүктеменің тік және көлденең бағдарлауындағы деформация арасында айтарлықтай айырмашылық жоқ екенін көрсетеді.

Қуат тұтыну. Жүктеменің тік және көлденең бағытында жаңғақты бөлуге қажетті қуат ылғалдылық жоғарылаған сайын азаяды (5-сурет). Жаңғақты тік күйінде бөлу үшін қажетті қуат 0,05-тен 0,02 Вт-қа дейін азаяды, ылғалдылық 5,4-тен 23,6%-ға дейін артады, ал 30,1% ылғалдылығында қуат тұтыну өзгермейді. Дәл осындай тенденция байқалады көлденең жүктеме бағыты, онда жаңғақты бөлуге қажетті қуат 0,04-тен 0,02 Ваттқа дейін төмендейді, ылғалдылық жылына 5,4-тен 23,6%-ға дейін артады. Ылғалдылықтың одан әрі артуы тұтынылатын қуатқа әсер етпейді. Бадам жаңғағы үшін жүргізген алдыңғы жұмыс сонымен қатар жаңғақ пен оның дәнін бөлуге қажетті қуат ылғалдың жоғарылауымен азаятынын көрсетті. Сынақ нәтижелерінің дисперсиялық талдауы жүктеменің тік және көлденең бағдары үшін ылғалдылықтың жоғарылауымен қуат тұтынудың төмендеуі статистикалық маңызды екенін көрсетеді, жүргізген бірнеше сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, жаңғақтарды 19,1, 23,6 және 30,1% ылғалдылықта бөлуге қажетті қуаттылықтағы айырмашылықтар жүктеудің екі бағыты үшін де статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп танылды. Сонымен қатар, t – тест нәтижелері жүктеменің тік және көлденең бағдары үшін қажетті қуат арасында айтарлықтай айырмашылық жоқ екенін көрсетеді. Ылғалдылығы 11%-дан 87%-ға дейін жаңғақты тік күйінде бөлу үшін қажетті қуат көлденең жүктеу күйіне қарағанда жоғары. Ылғалдылық жылына 19,1-дан 30,1%-ға дейін өскеннен кейін екі бағыт үшін де энергия тұтынудың күрт төмендеуі байқалады.

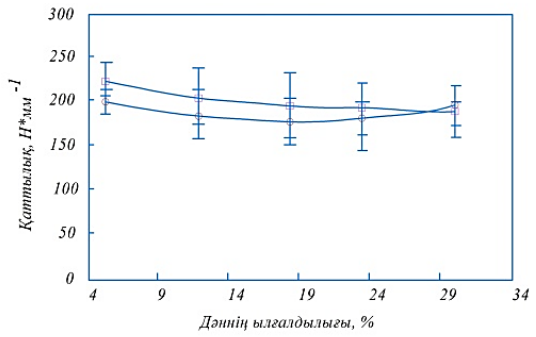


○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 5. Ылғал құрамының Балқарағай жаңғағының деформациясына әсері тік және көлденең жүктеме кезінде

Қаттылық. Ылғал құрамы мен жүктеме бағытының үзілу нүктесіндегі беріктікке әсері 6-суретте көрсетілген. 3-кестеден ылғалдың мөлшері 5,4%-дан 19,1%-ға дейін ұлғайған кезде беріктік минимумға дейін төмендейтінін көруге болады және ылғалдың одан әрі 23,6%-дан 30,1%-ға дейін ұлғаюымен

артады жүктеменің тік бағытымен. Көлденең бағыттағы ылғалдылыққа байланысты қаттылық мәндерінің өзгеруі де 5-суретте көрсетілген. Қаттылық 219,73-тен 187,21 Н·мм$^{-1}$-ге дейін төмендейді, ылғалдылық жылына 5,4-тен 30,1%-ға дейін артады. Ылғалдың жоғарылауымен беріктіктің төмендеуі тік және көлденең бағытта статистикалық тұрғыдан маңызды емес. Деректерді статистикалық талдау жүктеме бағыты беріктікке айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетеді. Көлденең бағыттағы қаттылық мәндері 5,4-тен 23,6%-ға дейінгі ылғалдылықта вертикальға қарағанда жоғары.



○ - тік; □ -көлденең

Сурет 6. Ылғалдың балқарағай жаңғағының қаттылығына әсері жүктеменің тік және көлденең бағытында

Шағылу күшін, деформацияны, қажетті қуат пен қаттылықты әртүрлі жүктеме бағыттарындағы балқарағай жаңғағындағы ылғалдылықпен байланыстыратын екінші ретті теңдеулердің параметрлері келтірілген (3-кесте).

Кесте 3

Балқарағай жаңғағының сынуы мен ылғалдылығының әртүрлі тәуелді параметрлері арасындағы байланыс

Y Параметрі	Коэффициенті	Жүктеу бағыты	
		Тік	Көлденең
Үзіліс күші, Н	a0	1026,60	680,72
	a1	-64,24	-34,01
	a2	1,25	0,66
	r2*	0,99	0,99
Деформация, мм	a0	5,01	2,97
	a1	-0,27	-0,12
	a2	$4{,}8 \cdot 10^{-3}$	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$
	r2*	0,98	0,97
Қуат тұтыну, Вт	a0	0,07	0,04
	a1	$-4{,}3 \cdot 10^{-3}$	$-2{,}2 \cdot 10^{-5}$
	a2	$8 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
	r2*	0,99	0,99
Қаттылық, Н·мм$^{-1}$	a0	218,29	235,56
	a1	-4,43	-3,28
	a2	0,12	0,06
	r2*	0,96	0,99

Тік және көлденең бағыттағы барлық параметрлер үшін көпмүшелік теңдеулер келесідей тұжырымдалуы мүмкін:

$$Y = a_0 + a_1 M + a_2 M^2 \quad (6)$$

мұндағы Y – тәуелді параметрлер; a0, a1, және a2 – регрессия коэффициенттері; М – ылғалдылығы, %.

Қорытынды. Бұл зерттеудің нәтижелерін келесідей қорытындылауға болады.

1. Балқарағай жаңғағының ұзындығы, ені және қалыңдығы 19,50, 8,70 және 8,43 мм болды, ылғалдылығы сәйкесінше 5,4% болды. Ядролардың өлшемдері 14,66, 5,27 және 4,68 мм болды, ылғалдылығы 4,94%. Балқарағай жаңғағының орташа геометриялық диаметрі, сфералық, көлемі мен бетінің ауданы сәйкесінше 11,23 мм, 57,69%, 745,55 мм^3 және 396,75 мм^2 болды. Балқарағай ядросының сәйкес мәндері 7,10 мм, 48,50%, 189,30 мм^3 және 158,86 мм^2 болды. Жаңғақ пен ядроның массасы сәйкесінше 0,69 және 0,22 г құрады.

2. Балқарағай жаңғағының сынуға төзімділігін анықтау үшін қолданылатын параметрлер қаттылықты қоспағанда, тік және көлденең бағытта жүктеме кезінде қабықтың ылғалдылығына байланысты болды, ал екі бағытта да жүктеме үшін тәуелділік табылған жоқ. Жаңғақ қабығының жарылуы кезінде шағылу күші, деформациясы, қуат тұтынуы және беріктігі ылғалдың жоғарылауымен төмендеді, ал ылғал мөлшері 23,6-тен 30,1%-ға дейін тік бағытта өсті

3. Жаңғақ қабығының ең аз шағылу күші, деформациясы және 19,1-дан 300,1%-ға дейін ылғал болған кезде жаңғақты бөлу үшін қажетті қуат болды. Ядроның бұзылу жасы ылғалдылықтың барлық деңгейлері үшін көлденең жүктеме бағытында жиі байқалды. Осылайша, крекинг процесі энергияның минималды шығындарымен және ядролардың максималды сапасымен жүзеге асырылады деп күтілетіндіктен, тік бағдар балқарағай жаңғағының крекинг принципін қалыптастыру үшін көлденеңінен гөрі қолайлы.

4. Талдау нәтижелеріне сәйкес, ылғал құрамының шағылу күшіне, деформацияға және қажетті қуатқа әсері статистикалық маңызды екендігі анықталды, ал ылғалдың беріктікке статистикалық маңызды әсері анықталған жоқ. бағдарлардың ешқайсысы үшін. Ылғал мөлшері мен механикалық қасиеттері арасындағы жақсы сәйкестік дәрежесі бар сызықтық емес тәуелділік жүктеменің екі бағыты үшін алынды.

Әдебиеттер тізімі

1. Тигров, В.В. Устройство для разрушения скорлупы ореха [Текст] / В.В. Тигров, Р.К. Базаров // Сборник научных разработок и изобретений «Изобретатели и рационализаторы липецкой области»: Том. 11. – г. Липецк: Изд-во Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2023. – С. 13-16.
2. Куриленко, Н.И. Разработка технологического оборудования для очистки кедрового ореха [Текст] / Н. И. Куриленко, И. С. Федорченко // Материалы международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы». – г. Саранск: Изд-во Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2018. – С. 439-443.
3. Куриленко, Н.И. Устройство для получения масла и жмыха из ядер кедрового ореха [Текст] / Н.И. Куриленко, П.Г. Колесников // Всероссийская научно-

практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Машиностроение: новые концепции и технологии». – г. Красноярск: Изд-во Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2022. – С. 82-84.

4. Невзоров, В.Н. Совершенствование технологии и оборудования производства кедрового масла [Текст] / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, В.Н. Холопов // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40. – № 5. – С. 444-449.
5. Бышов, Н.В. Разработка оборудования для раскалывания скорлупы кедровых орехов [Текст] / Н.В. Бышов, В.Д. Липин, Д.Н. Бышов // Материалы национальной научно-практической конференции «Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса». – г. Рязань: Изд-во Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 31-36.
6. Khamdamov A. Naziraliyeva N., Nuriddinov Sh. Study of the technological process of splitting walnut and analyses of the double shaft device // Evrazijskij soyuz uchenyh [Eurasian Union of Scientists], 2021. No. 4-1(85). P. 38-42.
7. Ондер, Б.Б. Конструирование устройства для извлечения кедровых орехов из шишек [Текст] /Б.Б. Ондер, Е.А. Панов, А.Ю. Чуба // Сборник материалов XIII международной студенческой научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения». – г. Тюмень: Изд-во Государственный аграрный университет северного Зауралья, 2019. – С. 214-219.
8. Хантургаева, В.А. Перспективы использования ядер кедрового ореха в технологии продуктов питания [Текст] / В.А. Хантургаева, АБ. Дабаева, И.В. Хамаганова // Сборник тезисов VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в пищевой биотехнологии»: Том. 1. – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2019. – С. 89-90.
9. Чаплыгина, О.С. Теоретическое и экспериментальное обоснование оптимальных технологических режимов получения кедрового масла из ядра кедрового ореха [Текст] / О.С. Чаплыгина // Сборник тезисов VI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации в биотехнологии»: Том. 2. – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 148-150.
10. Селезнева, А.Б. Вопросы комплексной переработки ореха кедрового [Текст] / А.Б. Селезнева, И.Б. Плотников // Сборник тезисов VI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации в биотехнологии». – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 301- 302.
11. Оразханова, М.А. Перспективы использования скорлупы сибирского кедрового ореха в производстве колбасных изделий [Текст] / М.А. Оразханова, Ж.А. Ибатаев, Б.А. Идырышев // Сборник материалов международной научно-практической конференции «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства. Ресурсосберегающие технологии, технические средства и цифровая платформа апк». – г. Екатеринбург: Изд-во Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 71-72.
12. Невзоров, В.Н. Разработка оборудование для калибровки и сортировки кедрового ореха [Текст] / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, И.В. Голубев // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40. – № 5. – С. 439-443.
13. Сесикашвили, О.Ш. Орехи – Свойства. Переработка. Использование [Текст] / О.Ш. Сесикашвили, С.В. Зверев, И.О. Берулава // Beau Bassin: Lap Lambert, 2018. – С.148.
14. Плесовских, В.А. Исследование процесса раскалывания скорлупы кедрового ореха [Текст] / В.А. Плесовских, А.Ю. Чуба // Сборник материалов XII

международной студенческой научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения»: Том. 2. – г. Тюмень: Изд-во Государственный аграрный университет северного Зауралья, 2018. – С. 200-203.

15. Устименко, С.А. Устройство для разрушения скорлупы плодов орехов [Текст] / С.А. Устименко, А.А. Зуев, Д.Н. Мельниченко, Д.Ю. Бурменко // Вестник приднестровского университета. Серия: физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2021. – № 3(69). – С. 140-144.
16. Козлова, С.А. Проблемы и перспективы добычи кедрового ореха на территории Красночикойского района Забайкальского края [Текст] / С.А. Козлова // Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и студентов «Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом». – г. Иркутск: Изд-во Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 226-233.

Материал редакцияға 02.04.24 түсті.

А.Х. Хамитбек[1], А.Е. Кайрбаева[1], М.В. Копылов[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Воронежский государственный университет инженерных технологий, г.Воронеж, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ КЕДРОВОГО ОРЕХА НА ЕГО РАСКАЛЫВАЕМОСТЬ

Аннотация. Чтобы начать иследование , кедровый орех был помещен между двумя параллельными панелями, которые определили силу раскалывания, деформацию, мощность и твердость, необходимые для начала раскалывания ореха. Испытания проводились при значениях влажности ореха 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 и 30,1% и в двух формах расположения ореха (вертикальной и горизонтальной). В первом случае кедровый орех располагался вертикально, большая ось ореха была параллельна направлению загрузки. В следующем случае при горизонтальной загрузке большая ось ореха была перпендикулярна направлению загрузки. Были определены физические характеристики ореха и ядра, то есть масса, размеры, средний геометрический диаметр, сферичность, площадь внешней поверхности и толщина скорлупы. Вертикальное и горизонтальное направления нагрузки, необходимые для начала раскалывания кедрового ореха, уменьшились с увеличением влажности с 714,1 до 220,3 Н и с 521,4 до 249,9 Н. Затем мы пришли к выводу, что деформация в месте отражения и мощность, необходимая для разделения скорлупы кедрового ореха, уменьшились с увеличением влажности под нагрузкой в вертикальном и горизонтальном направлениях. Показатели твердости ореха снижались с увеличением влажности, и это снижение продолжалось до тех пор, пока содержание влаги в вертикальном направлении нагрузки не достигло 23,6%. В частности, при загрузке в горизонтальном направлении при любой влажности всегда наблюдалась тенденция к распаду ядер. Результаты предоставляют полезные данные для использования инженерами при проектировании машины, подходящей для раскалывание кедрового ореха.

Ключевые слова: кедровый орех, оборудование, очистка зерна, влажность ореха, сила раскалывания, структурометр СТ-2.

A.H. Hamitbek[1], A.E. Kairbaeva[1], M.V. Kopylov[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Voronezh State University of engineering technologies, Voronezh, Russia

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF PINE NUT HUMIDITY ON ITS CLIPPABILITY

Abstract. To conduct the study , the cedar nut was placed between two parallel panels, which determined the splitting force, deformation, power and hardness required to start reflecting the nut. The tests were carried out at the nut moisture values of 5.4, 11.9, 19.1, 23.6 and 30.1% and in two forms of nut arrangement (vertical and horizontal). In the first case, the cedar nut was positioned vertically, the large axis of the nut was parallel to the loading direction. In the following case, when loading horizontally, the large axis of the nut was perpendicular to the loading direction. The physical characteristics of the nut and the kernel were determined, i.e. weight, dimensions, average geometric diameter, sphericity, outer surface area and shell thickness. The vertical and horizontal load directions required to start chipping cedar nuts decreased with increasing humidity from 714.1 to 220.3 N and from 521.4 to 249.9 N. Then we came to the conclusion that the deformation at the reflection site and the power required to separate the cedar nut shell decreased with increasing humidity under load in the vertical and horizontal directions. The hardness of the nut decreased with increasing humidity, and this decrease continued until the moisture content in the vertical direction of the load reached 23.6%. In particular, when loading in the horizontal direction at any humidity, there was always a tendency for the nuclei to disintegrate. The results provide useful data for use by engineers in designing a machine suitable for cracking cedar nuts.

Keywords: cedar nuts, equipment, cleaning of grains, nut moisture, reflectivity, structurometer ST-2.

References

1. Tigrov V.V., Bazarov R.K. Ustroystvo dlya razrusheniya skorlupy orekha [Device for breaking nut shells] // Sbornik nauchnykh razrabotok i izobreteniy «Izobretateli i ratsionalizatory lipetskoy oblasti»: Tom. 11. – Lipetsk: Izd-vo Lipetskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet imeni P.P. Semenova-Tyan-Shanskogo [Collection of scientific developments and inventions “Inventors and innovators of the Lipetsk region”: Vol. 11. – Lipetsk: Publishing house Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky], 2023. – P. 13-16, [in Russian].
2. Kurilenko N.I., Fedorchenko I.S. Razrabotka tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya ochistki kedrovogo orekha [Development of technological equipment for cleaning pine nuts] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy». – Saransk: Izd-vo Natsional'nyy issledovatel'skiy mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogarova [Materials of the international scientific and practical conference “Energy-efficient and resource-saving technologies and systems”. – Saransk: Publishing house National Research Mordovian State University named after. N.P. Ogareva], 2018. – P. 439-443, [in Russian].
3. Kurilenko N.I., Kolesnikov P.G. Ustroystvo dlya polucheniya masla i zhmykha iz yader kedrovogo orekha [Device for obtaining oil and cake from pine nut kernels] // Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Mashinostroyeniye: novyye kontseptsii i tekhnologii». – g. Krasnoyarsk: Izd-vo Sibirskiy gosudarstvennyy universitet nauki i tekhnologiy imeni akademika M.F. Reshetneva [All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists “Mechanical engineering: new

concepts and technologies". – Krasnoyarsk: Publishing house Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva], 2022. – P. 82-84, [in Russian].

4. Nevzorov V.N., Kokh ZH.A., Matskevich I.V., Kholopov V.N. Sovershenstvovaniye tekhnologii i oborudovaniya proizvodstva kedrovogo masla [Improving technology and equipment for the production of cedar oil] // Khvoynyye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2022. Vol. 40, No. 5. P. 444-449, [in Russian].
5. Byshov N.V., Lipin V.D., Byshov D.N. Razrabotka oborudovaniya dlya raskalyvaniya skorlupy kedrovykh orekhov [Development of equipment for cracking pine nut shells] // Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tendentsii inzhenerno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa». – g. Ryazan': Izd-vo Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskiy universitet im. P.A. Kostycheva [Materials of the national scientific and practical conference "Trends in engineering and technological development of the agro-industrial complex". – Ryazan: Publishing house Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva], 2019. – P. 31-36, [in Russian].
6. Khamdamov A. Naziraliyeva N., Nuriddinov Sh. Study of the technological process of splitting walnut and analyses of the double shaft device // Evrazijskij soyuz uchenyh [Eurasian Union of Scientists], 2021. No. 4-1(85). P. 38-42.
7. Onder B.B., Panov Ye.A., Chuba A.YU. Konstruirovaniye ustroystva dlya izvlecheniya kedrovykh orekhov iz shishek [Design of a device for extracting pine nuts from cones] // Sbornik materialov KHÍÍÍ mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye voprosy nauki i khozyaystva: novyye vyzovy i resheniya». – g. Tyumen': Izd-vo Gosudarstvennyy agrarnyy universitet severnogo Zaural'ya [Collection of materials from the XIII International Student Scientific and Practical Conference "Current Issues of Science and Economy: New Challenges and Solutions." – Tyumen: Publishing House of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals], 2019. – P. 214-219, [in Russian].
8. Khanturgayeva V.A., Dabayeva AB., Khamaganova I.V. Perspektivy ispol'zovaniya yader kedrovogo orekha v tekhnologii produktov pitaniya [Prospects for the use of pine nut kernels in food technology] // Sbornik tezisov VII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii»: Tom. 1. – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VII international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Innovations in food biotechnology": Vol. 1. – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2019. – P. 89-90, [in Russian].
9. Chaplygina O.S. Teoreticheskoye i eksperimental'noye obosnovaniye optimal'nykh tekhnologicheskikh rezhimov polucheniya kedrovogo masla iz yadra kedrovogo orekha [Theoretical and experimental substantiation of optimal technological regimes for obtaining cedar oil from pine nut kernels] // Sbornik tezisov VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Pishchevyye innovatsii v biotekhnologii»: Tom. 2. – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VI international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Food innovations in biotechnology": Vol. 2. – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2018. – P. 148-150, [in Russian].
10. Selezneva A.B., Plotnikov I.B. Voprosy kompleksnoy pererabotki orekha kedrovogo [Issues of complex processing of pine nuts] // Sbornik tezisov VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Pishchevyye innovatsii v biotekhnologii». – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VI international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Food innovations in

biotechnology". – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2018. – P. 301- 302, [in Russian].

11. Orazkhanova M.A., Ibatayev ZH.A., Idyryshev B.A. Perspektivy ispol'zovaniya skorlupy sibirskogo kedrovogo orekha v proizvodstve kolbasnykh izdeliy [Prospects for using Siberian pine nut shells in the production of sausages] // Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ot inertsii k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoye obespecheniye proizvodstva i pererabotki produktsii rasteniyevodstva. Resursosberegayushchiye tekhnologii, tekhnicheskiye sredstva i tsifrovaya platforma apk». – g. Yekaterinburg: Izd-vo Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet [Collection of materials of the international scientific and practical conference "From inertia to development: scientific and innovative support for the production and processing of crop products. Resource-saving technologies, technical means and digital apk platform." – Ekaterinburg: Publishing house Ural State Agrarian University], 2020. – P. 71-72, [in Russian].
12. Nevzorov V.N., Kokh ZH.A., Matskevich I.V., Golubev I.V. Razrabotka oborudovaniye dlya kalibrovki i sortirovki kedrovogo orekha [Development of equipment for calibrating and sorting pine nuts] // Khvoynyye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2022. Vol. 40, No. 5. P. 439-443, [in Russian].
13. Sesikashvili O.SH., Zverev S.V., Berulava I.O. Orekhi – Svoystva. Pererabotka. Ispol'zovaniye [Nuts - Properties. Recycling. Using] // Beau Bassin: Lap Lambert, 2018. P. 148.
14. Plesovskikh V.A., Chuba A.YU. Issledovaniye protsessa raskalyvaniya skorlupy kedrovogo orekha [Study of the process of splitting pine nut shells] // Sbornik materialov KHÍÍ mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye voprosy nauki i khozyaystva: novyye vyzovy i resheniya»: Tom. 2. – g. Tyumen': Izd-vo Gosudarstvennyy agrarnyy universitet severnogo Zaural'ya [Collection of materials from the XII International Student Scientific and Practical Conference "Current Issues of Science and Economy: New Challenges and Solutions": Vol. 2. - Tyumen: Publishing house of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals], 2018. – P. 200-203, [in Russian].
15. Ustimenko S.A., Zuyev A.A., Mel'nichenko D.N., Burmenko D.YU. Ustroystvo dlya razrusheniya skorlupy plodov orekhov [Device for breaking nut shells] // Vestnik pridnestrovskogo universiteta. Seriya: fiziko-matematicheskiye i tekhnicheskiye nauki. Ekonomika i upravleniye [Bulletin of the Transnistrian University. Series: physical, mathematical and technical sciences. Economics and Management], 2021. No. 3(69). P. 140-144, [in Russian].
16. Kozlova S.A. Problemy i perspektivy dobychi kedrovogo orekha na territorii Krasnochikoyskogo rayona Zabaykal'skogo kraya [Problems and prospects for pine nut production in the Krasnochikoysky district of the Trans-Baikal Territory] // Materialy vserosiysskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i studentov «Sotsial'no-ekonomicheskiye problemy razvitiya ekonomiki APK v Rossii i za rubezhom». – g. Irkutsk: Izd-vo Irkutskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. A.A. Yezhevskogo [Materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists and students "Socio-economic problems of development of the economy of the agro-industrial complex in Russia and abroad." – Irkutsk: Publishing house Irkutsk State Agrarian University named after. A.A. Ezhevsky], 2017. – P. 226-233, [in Russian].

МРНТИ 65.33.29

Н.В. Иванникова[1] – *основной автор*,
О.Н. Антимонова[2]

[1]*Магистр*, [2]*Ст. преподаватель*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-2739-6239* [2]*https://orcid.org/0009-0002-9761-0632*

[1]*Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*
[2]*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте РФ, Волгоградский институт управления, г. Волгоград, Россия*

@ [1]natika.77@mail.ru

https://doi.org/10.55956/DIMI6661

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ КАССАВЫ

Аннотация. В статье представлены рецептуры и технология хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы, определены качественные органолептические и физико-химические показатели сырьевых компонентов и готовой продукции, обобщены результаты практического совместного применения муки кассавы и порошка псиллиума. Изучены свойства муки кассавы и определена возможность использования ее, как сырья для приготовления безглютеновых изделий. Проведен сравнительный анализ компонентного состава рецептур и технологических режимов производства хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: мука кассавы, порошок псиллиума, безглютеновая продукция, хлебобулочные изделия, оценка качества.

Иванникова, Н.В. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы [Текст] / Н.В. Иванникова, О.Н. Антимонова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.23-29. https://doi.org/10.55956/DIMI6661

Введение. Сегодня большой выбор сырьевых источников хлебопекарного производства вектрально развернут к группе категории «ЗОЖ». Порядка нескольких десятилетий хлебопеки стремятся расширить ассортимент хлебобулочных изделий за счет замены пшеничной муки нетрадиционным сырьем. В частности, практикуется диверсификация рынка за счет возможностей использования зерновых (камут, фрике, полба, спельта, ячмень, коричневый рис) и незерновых культур. На прилавках можно встретить продукцию из киноа, конопли, амаранта, теффи, вики, муки из стрелолиста и т. д. Как представитель группы незерновых культур, весьма интересна кассава – маниок съедобный, пищевое клубнеплодное тропическое растение, типовой вид рода Маниок семейства Молочайные (*Euphorbiaceae*). Мука из кассавы – это беззерновая и безглютеновая альтернатива обычной пшеничной муке, подходит для диеты больных целиакией, псориазом, пищевой аллергией. Ее рекомендуют людям не только подверженным заболеваниям, вызванных дефицитом или избытком потребляемых пищевых

веществ (алиментарные заболевания – эндемический зоб, алиментарная дистрофия, квашиоркор, сахарный диабет, глютеновая энтеропатия), но и в качестве профилактики ряда недугов, связанных с однообразным питанием, при палео диете [1]. Производится мука из клубней тропического растения маниок. По текстуре мука мягкая и порошкообразная. Это хороший источник витамина С, тиамина, рибофлавина, ниацина, богата клетчаткой, а также минеральными элементами (271 мг K, 21 мг Mg, 2 мг P). С химической точки зрения мука из кассавы, имея высокий профиль углеводов в принципе состоит из крахмала и намного ближе к картофельному крахмалу, чем к муке из злаков. Углеводы кассавы – резистентный крахмал, который не переваривается и не всасывается, однако полезен для «здоровья» бактерий в тонком и толстом кишечнике, является отличным пребиотиком. Мука кассавы обладает функционально-технологическими характеристиками, важными для хлебопечения. Количественное содержание углеводов на 100 г муки 82,7 г, белков 1,2 г, пищевых волокон 6,5 г, жиров – 0,3 г. Калорийность составляет 351 ккал, гликемическая нагрузка – 70%. Изделия из муки кассавы имеют легкую, нежную текстуру, мягкий ореховый вкус. Текстура мякиша напоминает немецкий ржаной хлеб. Хлеб из кассавы или маниоковый хлеб во многих кухнях мира является базовым продуктом питания. Привлекательна культура для хлебопечения и благодаря низкому гликемическому индексу, легкой усвояемости. Употребление изделий в рецептуре которых присутствует мука из кассавы исключает тяжесть в ЖКТ, является хорошим вариантом для людей, страдающих сахарным диабетом. Наряду с положительными характеристиками, мука кассава имеет и существенный недостаток – плохая сохранность. Маниоковая мука дороже других крахмалосодержащих продуктов, в частности разных видов хлеба. Имеются трудности в тестоподготовке и ухудшение технологических, реологических, товароведных свойств. Потенциальное препятствие массового выпуска – высокий диапазон цен на готовую продукцию из кассавы [2].

Учитывая тренд на здоровое питание, безглютеновые продукты получают широкое распространение не только среди покупателей с непереносимостью глютена, но и среди обычных потребителей, которые следят за своим питанием и здоровьем. Таким образом, рынок сбыта не ограничен строгими рамками и противопоказаниями. Производство безглютеновых продуктов имеет положительную динамику роста [3]. Несмотря на существующую тенденцию увеличения выпуска специализированных хлебобулочных изделий, на региональном рынке эта группа продуктов представлена слабо. Цель исследования – разработка хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы. На основании поставленной цели установлены задачи: разработать рецептуру, дать товароведную оценку готовой продукции, установить технологические режимы и параметры. В соответствии с целью и задачами, поставленными в исследовании, объектом исследования стала – мука кассавы. Возможно совместное использование 1:1 пшеничной муки первого сорта и маниоковой муки.

Условия и методы исследования. В основу методологии научной работы положены теоретические и практические аспекты разработок продуктов функциональной значимости. Исследования проводились в лаборатории «Пищевая инженерия» НИЛИП НИМИ имени А.С. Ахметова. Вели опытные и контрольный вариант исследований, первоначально проведя подбор соотношения базовых компонентов рецептуры. В работе проводили комплексные и стандартные исследования для определения физико-

химических и органолептических показателей сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Пищевую и энергетическую ценность изделия определяли в соответствии с методиками.

Результаты исследований. Хлебобулочные изделия из муки кассавы готовили безопарным способом. Экспериментальным путем были выбраны наиболее подходящие рецептуры. *Исследуемые образцы.* Образец №1 – 100% мука кассавы, образец №2 – композитная смесь муки пшеничной первого сорта и муки кассавы в соотношении 1:1. Яблочное пюре, являясь природным источником антиоксидантов, в составе образцов хлебобулочных изделий, способствует профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, избыточного веса; повышенные антирадикальная и антиокислительная активность пюре – выведению тяжелых металлов из организма. [4]. Порошок псиллиума (оболочка семян подорожника Plantagoovata) – отличный источник пищевых волокон, сегодня довольно востребован. Ингредиент обладает высокой влагоудерживающей способностью, что благотворно сказывается на способности образовывать устойчивые гели при поглощении влаги, это своего рода формообразователь [5]. Использование порошка псиллиума рекомендовано Национальной специализированной программой по здоровому питанию в США и Европейским обществом кардиологов. Порошок псиллиума способствует снижению уровня синтеза холестерина, выведению токсинов из организма. Псиллиум обладает сорбционными свойствами в отношении желчных кислот и липидов, благоприятно воздействует на моторику ЖКТ и оказывает более выраженное воздействие на системный обмен липидов [6]. Основные ингредиентные компоненты рецептуры хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Компонентный состав образцов хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы

Наименование сырья	Соотношение компонентов смеси, %		
	Образец №1	Образец №2	КВ
Мука кассавы	100	50	
Мука пшеничная 1 сорта	-	50	
Крахмал пшеничный сухой	-	-	100
Порошок псиллиума	20	20	30
Яйцо	20	20	20
Дрожжи прессованные	1,5	1,5	-
Разрыхлитель	-	-	1,2
Яблочное пюре	5,0	5,0	5,0
Соль	1,3	1,3	0,2
Вода	по расчету		
Семена чиа	обработка поверхности		
Температура начальная, ºС	22	22	22
Влажность теста, %	48-49	48-49	50
Продолжительность брожения, мин	30	60	-
Продолжительность расстойки, мин	25	30	-
Продолжительность выпечки, мин	20	25	30

Все компоненты, прошедшие первичную обработку, направляются для замеса в месильную машину. Для контрольного варианта тесто готовили на

химических разрыхлителях, минуя стадию брожения, для чего вручную или с помощью месильной машины замешивается тесто из рецептурных компонентов до образования однородной массы. Тесто должно быть гладким и эластичным после формования. Замес теста для булочек образцов №1 и №2 проводили в месильной машине, предварительно растворив прессованные дрожжи и соль в воде. Внесение псиллиума при замесе способствовало увеличению объема и мягкости мякиша. В полученную суспензию вносят оставшиеся компоненты, в последнюю очередь просеянную муку кассавы (образец №1) и смесь пшеничной муки м муки кассавы в указанном соотношении (образец №2). Воду добавляют из расчета обеспечения соответствующей влажности теста 48-49%; замешивая однородное тесто при температуре (24±2)°С Яблочное пюре и яйцо увлажняет мякиш изделия, придавая ему приятную кислинку. Разрыхлитель успешно может быть заменен дрожжами или дрожжевой закваской. Продолжительность брожения теста составляет для образца №2 – 60 минут. Тесто формовали на заготовки развесом 30 г и укладывали на пекарские противни. Расстаивали при температуре 37°С в течении 25-30 минут. Выпекают тестовые заготовки при температуре 190°С. Была проведена серия пробных лабораторных выпечек с использованием бесклейковинного сырья. В таблице 2 представлены качественные характеристики изделий с использованием муки кассавы.

Таблица 2

Качественные характеристики изделий с использованием муки кассавы

Показатели качества	Образец №1	Образец №2	КВ
	Органолептические показатели		
Форма	овальная, без притисков	не расплывчатая	не расплывчатая
Поверхность	с мелкими трещинами	с мелкими трещинами	слегка шероховатая, без глубоких подрывов
Цвет	равномерно коричневый	равномерно коричневый	светло-коричневый
Пористость	достаточно развитая, поры крупноватые	достаточно развитая, поры крупноватые	мелкая и средняя с преобладанием мелкой
Запах	приятный, выраженный без посторонних запахов и затхлости	приятный, выраженный без посторонних запахов и затхлости	без посторонних запахов и затхлости
Вкус	свойственный данному виду, без посторонних привкусов	свойственный данному виду, приятный ореховый вкус	свойственный данному виду, приятный ореховый вкус
Физико-химические показатели			
Пористость, %	58	65	54
Формоустойчивость, (H:D)	0,50	0,60	0,48
Кислотность мякиша, град	1,75	2,0	1,5

Булочки из 100% кассавы наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту к аглютеновой продукции, что сказывается на структурно-механических свойствах теста, и незначительному снижению качества готового продукта.

Исследуемые образцы булочек имели хорошие органолептические показатели качества. Образец №2 отличался более лучшей формоустойчивостью, благодаря содержанию глютена. По исследуемым физико-химическим показателям все образцы имели категорию качества «хорошее». Достаточная пористость для аглютеновх изделий (КВ и образец №1,2) обусловлена внесением псиллиума. На рисунке 1 изображен образец №1 из стопроцентной муки кассавы.



Рис. 1. Образец булочки из муки кассавы

Среди недостатков выпекаемых образцов можно отметить короткий срок хранения, высокое содержание углеводов, в основном крахмала при низком уровне содержания витаминов. Достоинства повышение содержания пищевых волокон за счет внесения порошка псиллиума.

Обсуждение научных результатов. В работе предложена технология приготовления хлебобулочных изделий на основе муки кассавы и смеси муки кассавы и пшеничной муки 1 сорта. Экспериментально обоснован количественный состав, входящий ингредиентов. Результаты анализа свидетельствует о перспективности использования муки кассавы в производстве хлебобулочных изделий и порошка псиллиума. В результате исследований установлено так же, что выбранное соотношение рецептурных компонентов даст оптимальный реологический профиль тесту, характерный для безглютеновой продукции.

Заключение. На основе проведенного анализа литературных и справочных данных о химическом составе сырьевых источников, мониторинга научной информации в целом, обоснована целесообразность использования маниоковой муки в сочетании с порошком псиллиума, обладающим доказанным терапевтическим эффектом. Несмотря на общность существующих подходов в производстве хлебобулочных изделий с использованием аглютеновых сырьевых источников, есть возможность позиционировать разработанные изделия как продукты функциональной значимости. Разработка продукта и технология приготовления хлебобулочных изделий с использованием муки кассавы и порошка псиллиума по предложенной рецептуре, является актуальной в комплексе мероприятий по диетотерапии, глютеновой энтеропатии. Употребление хлебобулочных изделий из муки кассавы поможет снизить уровень сахара в крови и улучшить чувствительность к инсулину. Применение продукта переработки маниоки – муки кассавы, содержащей в физиологически

значимых количествах незаменимые макро- и микронутриенты и пребиотики позволит расширить ассортимент продуктов профилактического и лечебного питания.

Список литературы

1. Вохмянина, Н.В. Современное представление о целиакии [Текст] / Н.В. Вохмянина. – СПб.: Изд-во СПбГМУ, 2009. – 152 с.
2. Полное руководство по приготовлению и наслаждению хлебом из маниоки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dhgate.com/ru/blog/the-ultimate-guide-to-making-and-enjoying-cassava-bread-b/.
3. Капустина, К.Ф. Разработка технологии безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием пищевкусовой добавки из мяты перечной [Текст] / К.Ф. Капустина // Молодой ученый. – 2020. – № 24. – С. 99-105.
4. Попов, В.Г. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения [Текст] / В.Г. Попов, Н.Г. Хайруллина, Х.Н. Садыкова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83. – № 1 (87). – С. 121-128.
5. Минцевич, А.С. Обоснование применения псиллиума в технологии безглютеновых мучных изделий из дрожжевого теста [Текст] / А.С. Минцевич, Е.Г. Меркулова // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2020. – № 14. – С. 133.
6. Сарафанкина, Е.А. Псиллиум – новый вид ингредиента в производстве продуктов питания [Текст] / Е.А. Сарафанкина, С.А. Буренкова // Инновационная техника и технология. – 2021. – Т. 8. – № 4. – С. 27-32.

Материал поступил в редакцию 02.04.24.

Н.В. Иванникова[1], О.Н. Антимонова[2]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Ресей Федерациясының Президенті жанындағы Ресей халық шаруашылығы және Мемлекеттік қызмет академиясы, Волгоград басқару институты, Волгоград қ., Ресей Федерациясы

КАССАВА ҰНЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП НАН ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАЙЫНДАУ

Аңдатпа. Мақалада кассава ұнын қолдана отырып нан өнімдерінің рецептурасы мен технологиясы ұсынылған, шикізат пен дайын өнімнің сапалы органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштері анықталған, кассава ұны мен псиллиум ұнтағын қоса қолдану нәтижелері жалпыланған. Сонымен катар кассава ұнының қасиеттері зерттеліп, оны глютенсіз өнімдерді дайындау үшін шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігі анықталған. Нан өнімдерін өндірудің технологиялық режимдері мен рецептураларының құрамдас құрамына салыстырмалы талдау жүргізілген.

Тірек сөздер: кассава ұны, псиллиум ұнтағы, глютенсіз өнімдер, нан өнімдері, сапаны бағалау.

N.V. Ivannikova[1], O.N. Antimonova[2]

[1]M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
[2]Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation Volgograd Institute of Management, Volgograd, Russia

DEVELOPMENT OF BAKERY PRODUCTS TECHNOLOGY WITH THE USE OF CASSAVA FLOUR

Abstract. In the article recipes and technology of bakery products with the use of cassava flour are presented, qualitative organoleptic and physical and chemical parameters of raw components and finished products are determined, the results of practical joint application of cassava flour and psyllium powder are generalised. The properties of cassava flour have been studied and the possibility of its use as a raw material for preparation of gluten-free products has been determined. A comparative analysis of component composition of recipes and technological modes of bakery products production has been carried out.

Keywords: cassava flour, psyllium powder, gluten-free products, bakery products, quality assessment.

References

1. Vokhmyanina N.V. Sovremennoye predstavleniye o tseliakii [Modern idea of celiac disease]. – SPb.: St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg State Medical University, 2009. – 152 p., [in Russian].
2. A Complete Guide to Making and Enjoying Cassava Bread [Electronic resource]. – Access mode: https://www.dhgate.com/ru/blog/the-ultimate-guide-to-making-and-enjoying-cassava-bread-b/, [in Russian].
3. Kapustina K.F. Razrabotka tekhnologii bezglyutenovykh khlebobulochnykh izdeliy s ispol'zovaniyem pishchevkusovoy dobavki iz myaty perechnoy [Development of technology for gluten-free bakery products using peppermint flavoring additive] // Molodoy uchenyy [Young scientist], 2020. No. 24. P. 99-105, [in Russian].
4. Popov V.G., Khayrullina N.G., Sadykova KH.N. Tendentsii ispol'zovaniya bezglyutenovykh vidov muki v proizvodstve produktsii funktsional'nogo naznacheniya [Trends in the use of gluten-free flours in the production of functional products] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2021. Vol. 83. No. 1 (87). P. 121-128, [in Russian].
5. Mintsevich A.S., Merkulova Ye.G. Obosnovaniye primeneniya psilliuma v tekhnologii bezglyutenovykh muchnykh izdeliy iz drozhzhevogo testa [Rationale for the use of psyllium in the technology of gluten-free flour products made from yeast dough] // Obrazovaniye i nauka bez granits: sotsial'no-gumanitarnyye nauki [Education and science without borders: social and humanitarian sciences], 2020. No. 14. P. 133, [in Russian].
6. Sarafankina Ye.A., Burenkova S.A. Psillium – novyy vid ingrediyenta v proizvodstve produktov pitaniya [Psyllium is a new type of ingredient in food production] // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative technology and technology], 2021. Vol. 8. No. 4. P. 27-32, [in Russian].

ҒТАМР 65.59.03

М.С. Сериккызы[1] – *негізгі автор*,
Қ.Р. Манап[2], Л.К. Байболова[3], Т.К. Кулажанов[4]

[1]*PhD, қауымдас. профессор,* [2]*Магистр,* [3,4]*Техн. ғылым. д-ры, профессор*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-1653-9890* [3]*https://orcid.org/0000-0002-8118-1581*
[4]*https://orcid.org/0000-0001-8309-2809*

[1,2,3,4]*Алматы Технологиялық Университеті,*
Алматы қ., Қазақстан

@ [1]*Khali_17_10_94@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/NUOM5661

ЫСТАЛҒАН ШҰЖЫҚТЫҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақала қазіргі уақытта функционалды тағам өнімдерінің ассортиментін кеңейтудің өзекті мәселесіне арналған. Жұмыс диеталық тамақтануға арналған тағамдық құндылығы жоғары сиыр етінен жасалған ысталған шұжық өніміне күнжіт ұнтағы мен күнжіт майын қосып зерттеу жүргізуге бағытталған. Алынған үлгілердің органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштері анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша эксперименттер негізінде алынған үлгілер науқастардан басқа мұқтаж адамдарға десерт түрінде қолдануға ұсынылады.

Тірек сөздер: күнжіт, күнжіт ұнтағы, ысталған шұжық, күнжіт майы, функционалдық тамақтану, ет өнімдері.

Сериккызы, М.С. Ысталған шұжықтың сапасы мен қауіпсіздігін зерттеу [Мәтін] / М.С. Сериккызы, Қ.Р. Манап, Л.К. Байболова, Т.К. Кулажанов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.30-37. https://doi.org/10.55956/NUOM5661

Кіріспе. Қазіргі заманғы әлемдік азық-түлік өнімдері нарығының бағыты функционалдық, емдік, профилактикалық және арнайы мақсаттағы өнімдерді әзірлеуге және өндіруге бағытталған. Жаңа ғасырдың функционалдық өнімдерін әзірлеу маңызды практикалық мәні мен әлеуметтік тиімділігі бар тамақ өнеркәсібін дамытудың перспективалық бағыты болып табылады [1].

Ет өнімдерінің мысалын пайдалана отырып, астық, көкөніс және басқа да өсімдік материалдары бар қосымша құрамдар негізінде функционалды өнімдерді әзірлеу тиімді екендігі анықталды. Ет өнімдерінің алуан түрлілігін ескере отырып, нақты ысталған шұжық өнімін функционалдық тамақ бағытына бейімдедік [2].

Біздің жұмысымыздың мақсаты – күнжіт ұнтағы мен күнжіт майы қосылған ысталған шұжық функционалды өнімінің және ысталған шұжық өнімдерін өзара салыстырып зерттеу. Негізгі міндет – ет өніміндегі ақуызды көбейту, сонымен қатар күнжіттің құрамындағы витаминдермен байыту. Күнжіт – қатерлі ісікке қарсы қасиеттері бар әртүрлі қоректік заттардың,

витаминдердің, антиоксиданттардың маңызды көзі. Күнжіт тұқымында 20,45% ақуыз бар. Сонымен қатар, күнжіт тұқымдары мыс пен марганецтің тамаша көзі болып табылады, сонымен қатар олар кальций, темір, фосфор, мырыш, молибден, селен, талшық және В1 дәруменіне бай. Осы маңызды қоректік компоненттерден басқа, күнжіт тұқымында екі ерекше зат бар: сезамин және сесамолин [3].

Күнжіт тұқымдарының химиялық құрамын суреттеу үшін біз USDA Ұлттық қоректік заттардың стандартты анықтамалық деректер базасынан алынған деректерді ұсынамыз (1-кесте).

Кесте 1

Күнжіт тұқымының тағамдық құндылығы (*Sesamum indicum)* (бүтін түрінде, құрғатылған)

Тағамдық заттар	Өлшем бірлігі	100 г құрамында	Минералды заттар	Өлшем бірлігі	100 г құрамында
Су	г	4,69	Ca	мг	975
Энергетикалық құндылығы	ккал	573	Fe	мг	14,55
Ақуыз	г	17,73	Mg	мг	351
Май	г	49,67	P	мг	629
Күлділігі	г	4,45	K	мг	468
Көмірқышқыл	г	23,45	Na	мг	11
Тағамдық талшықтар, сумма	г	11,8	Zn	мг	7,75
Қант	г	0,30	Cu	мг	4,082
			Mn	Мг	2,460
			Se	Мсг	5,7
Дәрумендер:			Майлар:		
Тиамин	мг	0,791	Қаныққан май қышқылы	г	6,957
Рибофлавин	мг	0,247	14:0	г	0,124
Ниацин (РР)	мг	4,515	16:0	г	4,441
Пантотен қышқылы	мг	0,050	18:0	г	2,090
В6 дәрумені	мг	0,790	Моноқаныққан май қышқылы	г	18,759
Фолацин	мкг	97	16:1	г	0,149
Е дәрумені (альфа-токоферол)	мг	0,25	18:1	г	18,521
			20:1	г	0,070
			Полиқаныққан май қышқылы	г	21,773
			18:2	г	21,375
			18:3	г	0,376
			Фитостериндер	мг	714

Күнжіт май мен ақуыздың көзі ретінде өсіріледі, оның күнжіт тұқымындағы мөлшері сәйкесінше 55% және 20% жетеді. Майсыздандырылған күнжіт ұнтағында 50% дейін ақуыз бар. Май мен ұнтақ алу үшін қабығы жоқ тұқымдар қолданылады. Күнжіттің майлылығы 45-55% құрайды. Күнжіт майының айрықша ерекшелігі оның құрамындағы линол қышқылының жоғарылығы, Е дәруменінің басқа изомерлерінен гамма-

токоферолдың басым болуы, сонымен қатар майда еритін лигнандардың көп болуы. Күнжіт тұқымдарындағы бір қанықпаған май қышқылдарының жалпы мөлшері 18 г/100 г құрайды, олар толығымен дерлік 18:1 олеин қышқылымен ұсынылған. Күнжіт тұқымындағы қанықпаған май қышқылдары шамамен 7 г/100 г тұқымды құрайды және олар 16:0 және 18:0 қышқылдарымен ұсынылған. Полиқанықпаған май қышқылдары толығымен дерлік 18:2 линол қышқылымен ұсынылған және тұқымда 21-22 г/100 г құрайды. Күнжіт майында ұзын тізбекті май қышқылдары немесе омега-3 май қышқылдары жоқ [4]. Күнжіт тұқымында В тобының дәрумендері (В1, В6, РР және аз дәрежеде В2), сондай-ақ γ-токоферол фракциясымен ұсынылған Е дәрумені бар [5].

Минералды заттардың ішінде кальцийдің, магнийдің, фосфордың, сондай-ақ мырыш, мыс, темір және селен микроэлементтерінің жоғары құрамын атап өту керек. Селен мен селенометионинніңжалпы мазмұны 2-кестеде келтірілген шетелдік әдебиет деректеріне сәйкес.

Кесте 2

Күнжіт тұқымындағы селеннің органикалық және органикалық емес формасының мөлшері

Se (мкг/кг) жалпы құрамы		Se-Met (мкг Se/кг) тұқымдағы құрамы
Күнжіт майында	Күнжіт ұнтағында	
690	1000	440

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ет өнеркәсібінің негізгі бағыттарының бірі, жаңа тағамдық өнімдерді шығару болып табылады. Сол себепті, ысталған шұжық құрамына күнжіт ұнтағын мен күнжіт майын қосу жайлы зерттеу жұмысы жүргізілді. Зерттеу барысы үш түрлі үлгі бойынша жасалды. Сондай-ақ, ысталған шұжық өндіру кезінде, олар міндетті түрде мемлекеттік стандарт талаптарына сай болуы керек.

Күнжіт майын және күнжіт ұнтағын қолданып, дайындалған ысталған шұжық өнімдерінің органолептикалық сапа көрсеткішін зерттеу Алматы Технологиялық Университетінің «Тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі» кафедрасының зертханасында жүргізілді. Физика-химиялық зерттеулер Алматы Технологиялық университетінің аккредиттелген «Тағам қауіпсіздігі» зертханасында жүргізілді. Ғылыми зерттеудің өткізілген сызбасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Ғылыми зерттеудің өткізілу тәртібі

Жұмысты орындау барысында органолептикалық көрсеткіштері МЕМСТ 7269-79 бойынша, ал физика-химиялық көрсеткіштер МЕМСТ

55810-2013 «Тиобарбитуралық санды анықтау», МЕМСТ 5548-2013 «Қышқыл үлесін анықтау», «Микробиологиялық көрсеткіштерді анықтау» МЕМСТ 30518-97 мемлекеттік стандарттары қолданылды.

Жұмысты орындау барысында келесідей жұмыстар атқарылды:

- ысталған шұжық өнімдерінің үлгісін әзірлеу;
- лабораторияға дайындау;
- лабораториялық әдістерді анықтау;
- нәтижелерді салыстырып тексеру;
- өнімнің сақтау мерзіміне сәйкес зерттеу жұмысын жүргізу [6].

Сынақ үлгілері ретінде келесі өнімдер алынды:

- 1-үлгі ретінде сиыр етінен жасалған ысталған шұжық өнімі;
- 2-үлгі ретінде 0,5% күнжіт ұнтағы қосылған ысталған шұжық өнімі;
- 3-үлгі ретінде 1% күнжіт ұнтағы қосылған ысталған шұжық өнімі;
- 4-үлгі ретінде 1% күнжіт майы қосылған ысталған шұжық өнімі.

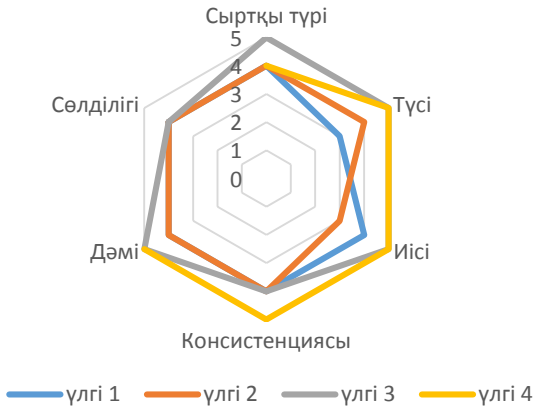
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Органолептикалық көрсеткіштер.* Сапаның барлық құрамы 5 баллдық шкала бойынша бағаланады. Органолептикалық бағалау ҚР СТ 1731-2007 «Ет және ет өнімдері», сапа көрсеткіштерін анықтаудың органолептикалық әдісі бойынша жүргізілді және 3-кестеде көрсетіледі.

Кесте 3

Органикалық көрсеткіштердің бағалануы

№	Өнім атауы	Өнімді 5 балдық жүйе бойынша бағалау						
		Сыртқы түрі	Түсі	Иісі, қош иісі	Концистенция	дәмі	сөлділігі	Жылпы балы
1	1 үлгі	Жақсы (4)	Тегіс емес, аздап түссізденген (3)	Жеткілікті хош иісті (4)	Жұмсақ (4)	Дәмді (4)	Жеткілікті сөлді (4)	3,9
2	2 үлгі	Жақсы (4)	Қылғылт түсті тегіс емес (4)	Жеткілікті хош иіссіз (3)	Жұмсақ (4)	Дәмді (4)	Жеткілікті сөлді (4)	3,9
3	3 үлгі	Өте жақсы (5)	Ашық қызыл тегіс (5)	Хош иісті (5)	Жұмсақ (4)	Өте дәмді (5) күнжіт дәмі сезіледі	Жеткілікті сөлді (4)	4,8
4	4 үлгі	Жақсы (4)	Қылғылт түсті тегіс (5)	Хош иісті (5)	Өте жұмсақ (5)	Өте дәмді (5) күнжіт дәмі сезіледі	Жеткілікті сөлді (4)	4,8

Ысталған шұжық өніміне күнжіт ұнтағының екі түрлі пайызда және күнжіт майын қосу нәтижесінде проффилограммасын 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2. Ысталған шұжық өніміне әр түрлі түрде күнжіт ұнтағын қосып дайындаған үлгілердің проффилограммасы

Дайын өніммен салыстырғанда органолептикалық бақылауда айқын өзгерістер байқалмады.

Физикалық-химиялық көрсеткіштерді зерттеу жұмыстары МЕМСТ 55810-2013. Тиобарбитуралық санды анықтау әдісі; МЕМСТ 5548-2013. Қышқыл үлесін анықтау әдісі МЕМСТ 29299-92. Ет және ет өнімдері. Нитриттерді анықтау әдісі әдістемелік нұсқауларға сәйкес жүзеге асырылды. Ысталған шұжық өнімдерінің физикалық-химиялық көрсеткіштері 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4

Ысталған шұжық өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Ысталған шұжықтар				
	Ысталған шұжық Үлгі 1	Ысталған шұжық 0,5% күнжіт ұнтағы қосылған Үлгі 2	Ысталған шұжық 1% күнжіт ұнтағы қосылған Үлгі 3	Ысталған шұжық 1% күнжіт майы қосылған Үлгі 4	Стандарт бойынша
Тиобарбитурлық сан, мг/кг	0,5252	0,3712	0,4416	0,5195	0,0339 мг МА\кг - 0,500 мг МА\кг
Қышқыл саны, мг/г	4,3	3,5	2,9	3,8	
Натрий нитрит құрамының қалдық саны, мг/кг	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Ылғалдың үлес салмағы,%, артық емес	48	47	52	58	70%
Ас тұзының үлес салмағы, %, артық емес	3,6	3,1	2,8	2,8	2,5%

Зерттеліп жатқан күнжіт ұнтағы мен күнжіт майы қосылған ысталған шұжық өнімдерінде микробиологиялық сапа көрсеткіштерінде микроағзалар анықталмады (5-кесте).

Кесте 5

Ысталған шұжық өнімдерінің микробиологиялық көрсеткіштері

Микробиологиялық:	Бақылау	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Үлгі 4
КМАФАнМ, КОЕ/г	7,2×10²	7,2×10²	7,2×10²	7,2×10²	7,2×10²
E. coli тобының бактериялары (колиформалар) 1 г	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
Сульфитредуктивті клостридиялар 0,1 г	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
Қаіпсіздік көрсеткіштері:	Бақылау	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Үлгі 4
Қорғасын мөлшері, мг/кг	< 0,013	-	-	-	-
кадмий мөлшері, мг/кг	< 0,005	-	-	-	-
сынап мөлшері, мг/кг	< 0,0023	-	-	-	-
мышьяк мөлшері, мг/кг	< 0,015				
Стронций мөлшері, мг/кг 90, Бк/кг	< 10	-	-	-	-
Цезий мөлшері, мг/кг 137, Бк/кг	< 30	-	-	-	-

Жүргізілген талдаулер нәтижелерінен байқағанымыздай, ысталған шұжық өнімдерінің органолептикалық, физикалық-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштері қойылатын талапқа сай екендігін байқаймыз.

Кез-келген мемлекет экономикалық дамудың белгілі бір кезеңінде өсу нүктесі болып табылатын саланы анықтайды. Сондай салалардың бірі өсімдік тектес компоненттерді қосу арқылы етті аспаздық өнімдерді өндіру болып табылады.

Қорытынды. Қорыта келе, сынамаға алынған ысталған шұжық өніміне күнжіт ұнтағы мен күнжіт майын қосу арқылы жасалынған өнімдер жақсы нәтижелер көрсетті. Органолептикалық, физикалық-химиялық және микробиологиялық сапа көрсеткіштері бойынша зерттеулер жасалынды. Жүргізілген зерттеулер мен сынамалар 0,5%-да күнжіт ұнтағын қосу нағыз ысталған шұжықтан аса бір айырмашылығы жоқ екендігін көрсетті, ал күнжіт майы мен күнжіт ұнтағы 1% қосылған ысталған шұжық өнімі дәмімен және физикалық-химиялық көрсеткіштерімен ерекшеленді. Алынған күнжіт ұнтағы және күнжіт майы қосылған ысталған шұжық өнімін тек функционалдық бағытта ғана емес, сонымен қатар тағамдық рационын түзетуге мұқтаж халықтың топтарына да күнделікті тағам негізінде қолдануға ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Петрунина, И.В. Проблемы формирования пищевых систем на основе животного сырья [Текст] / И.В. Петрунина // Мясная индустрия. – 2019. – № 1. – С. 28.

2. Шумский, Ю.А Оптимизация производства мясопродуктов с пищевыми добавками Ariva Spice [Текст] / Ю.А Шумский // Мясная индустрия. – 2019. – № 3. – С. 22.
3. Хуснидинова, А.Р. Современные направления совершенствования качества мясных полуфабрикатов [Текст] / А.Р. Хуснидинова, В.В. Котков // Молодежь и наука. – 2017. – № 4. – С. 79–83.
4. Шарипова, А.Ф. Разработка безопасных функциональных мясных полуфабрикатов с использованием растительного сырья [Текст] / А.Ф. Шарипова, С.Г. Канарейкина, Д.Д. Хазиев, В.И. Канарейкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 5 (61). – С. 111–113.
5. Джумабекова, Г.Ш. Ет өндірісіндегі тағамдық қоспаларды пайдалану [Текст] / Г.Ш. Джумабекова // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства» посвященная 60-летию АТУ. – 2017. – С. 36-38.
6. Асилова, Г.М. Исследование качества и безопасности кулинарных изделий из мяса с добавлением растительных компонентов [Текст] / Г.М. Асилова, М.С. Сериккызы, Ж.А. Жарылкасынова, Г.Ш. Джумабекова // Научный журнал «Ізденістер, нәтижелер- Исследования, результаты». – 2015. – № 4. – С. 9-11.

Мақала АП15473123 «Ұзақ сақтау кезінде жартылай ысталған шұжықтардың сапасын жақсарту үшін ет өнімдерін қадағалау жүйесін цифрландыру» ғылыми-техникалық бағдарламасы бойынша «Жас Ғалым» жобасы аясында дайындалды (2022-24 ж.)

Материал редакцияға 12.04.24 түсті.

М.С. Сериккызы[1], Қ.Р. Манап[1], Л.К. Байболова[1], Т.К. Кулажанов[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ КОПЧЕННОЙ КОЛБАСЫ

Аннотация. Статья посвящена актуальному в настоящее время вопросу расширения ассортимента продуктов функционального питания. Работа посвящена исследованиям по добавлению кунжутного порошка и кунжутного масла в копченый колбасный продукт из говядины с высокой пищевой ценностью для диетического питания. Определены органолептические и физико-химические показатели полученных образцов. По результатам исследований, образцы, полученные в ходе экспериментов, рекомендованы к употреблению в виде десерта нуждающимся людям, помимо больных.

Ключевые слова: кунжут, кунжутный порошок, копченая колбаса, кунжутное масло, функциональное питание, мясные продукты.

M.S. Serikkyzy[1], K.R. Manap[1], L.K. Baybolova[1], T.K. Kulazhanov[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH ON THE QUALITY AND SAFETY OF SMOKED SAUSAGE

Abstract. The article is devoted to the currently relevant issue of expanding the range of functional food products. The work is devoted to the research on the addition of sesame powder and sesame oil in smoked beef sausage product with high nutritional value for dietary nutrition. Organoleptic and physico-chemical parameters of the obtained samples were determined. According to the results of the research, the samples obtained are recommended for consumption in the form of dessert for needy people, in addition to sick people.

Keywords: sesame, sesame powder, smoked sausage, sesame oil, functional nutrition, meat products.

References

1. Petrunina I.V. Problemy formirovaniya pishchevykh sistem na osnove zhivotnogo syr'ya [Problems of forming food systems based on animal raw materials] // Myasnaya industriya [Meat industry], 2019. No. 1. P. 28, [in Russian].
2. Shumskiy, YU.A Optimizatsiya proizvodstva myasoproduktov s pishchevymi dobavkami Ariva Spice [Optimization of the production of meat products with food additives Ariva Spice] // Myasnaya industriya [Meat industry], 2019. No. 3. P. 22, [in Russian].
3. Khusnidinova A.R., V.V. Kotkov Sovremennyye napravleniya sovershenstvovaniya kachestva myasnykh polufabrikatov [Modern directions for improving the quality of semi-finished meat products] // Molodezh' i nauka [Youth and science], 2017. No. 4. P. 79–83, [in Russian].
4. Sharipova A.F., Kanareykina S.G., Khaziyev D.D., Kanareykin V.I. Razrabotka bezopasnykh funktsional'nykh myasnykh polufabrikatov s ispol'zovaniyem rastitel'nogo syr'ya [Development of safe functional semi-finished meat products using vegetable raw materials] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Orenburg State Agrarian University], 2016. No. 5 (61). P. 111–113, [in Russian].
5. Dzhumabekova G.SH. Yet öndírísíndegí taġamdyk¸ k¸ospalardy paydalanu [Use of food additives in meat production] // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Innovatsionnoye razvitiye pishchevoy, legkoy promyshlennosti i industrii gostepriimstva» posvyashchennaya 60-letiyu ATU [International scientific and practical conference “Innovative development of the food, light industry and hospitality industry” dedicated to the 60th anniversary of Almaty Technological University], 2017. P. 36-38, [in Kazakh].
6. Asilova G.M., Serikkyzy M.S., Zharylkasynova ZH.A., Dzhumabekova G.SH. Issledovaniye kachestva i bezopasnosti kulinarnykh izdeliy iz myasa s dobavleniyem rastitel'nykh komponentov [Study of the quality and safety of culinary products made from meat with the addition of plant components] // Nauchnyy zhurnal “Ízdenís ter, nətizheler- Issledovaniya, rezul'taty” [Scientific journal “Research, results”], 2015. No. 4. P. 9-11, [in Russian].

МРНТИ 65.09.05

О.И. Болгер[1] – *основной автор,*
Г.Е. Сариева[2], Ф.Б. Сариев[3]

[1]Студент, [2]Канд. биол. наук, доцент, [3]Канд. экон. наук, доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0003-5333-7141 [2]https://orcid.org/0000-0002-4420-7834 [3]https://orcid.org/0009-0003-5871-601X*

[1,2,3]Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, г. Каракол, Республика Кыргызстан

[1]zakalv717@gmail.com

©

https://doi.org/10.55956/XPGT9999

ОБОГАЩЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЙОДОМ В ЦЕЛЯХ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЙОДОДЕФИЦИТА

Аннотация. Для обеспечения населения Кыргызстана йодом в необходимом для физиологических потребностей количестве используется обогащенная этим микроэлементом соль, но количество йода в ней очень трудно контролировать. Хорошей альтернативой йодированной соли могут быть кисломолочные продукты, обогащенные экстрактом листьев грецкого ореха, богатым йодом. Грецкий орех в Кыргызстане является местным растением, свободно произрастает во всех регионах Кыргызстана, но в пищевой технологии его растительное сырье никак не используется. В данной работе обсуждается технология приготовления взбитого творожного десерта с добавлением экстракта листьев грецкого ореха. Добавление экстракта из высушенных и измельченных листьев грецкого ореха в рецептуру творожного десерта не ухудшает их органолептические показатели, а благодаря высокому содержанию органического йода данный продукт вполне может быть использован для обогащения рациона и профилактики дефицита йода.

Ключевые слова: кисломолочные продукты, йододефицит, технология, содержание йода

Болгер, О.И. Обогащение кисломолочных продуктов йодом в целях профилактики и лечения йододефицита [Текст] / О.И. Болгер, Г.Е. Сариева, Ф.Б. Сариев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.38-43. https://doi.org/10.55956/XPGT9999

Введение. Йод принадлежит к жизненно важным микроэлементам, необходимым для нормального роста и развития человека, так как регулирует синтез и выделение нормального количества тиреоидных гормонов [1]. Недостаток йода в пище приводит к развитию йододефицитных состояний и болезней [2]. По данным ВОЗ, в 118 странах мира йододефицит признан актуальной проблемой здравоохранения. Кыргызстан находится в Центральной Азии, не имеет выхода к морю, и в силу этих причин входит в список стран с йододефицитом. Так, по данным министерства здравоохранения КР, в 2014 г. дефицит йода встречался у 61,6% беременных женщин и у 43,1% детей школьного возраста [3]. Исследования 2016 г. подтвердили недостаточную йодную обеспеченность у беременных и

кормящих женщин в Кыргызстане [4]. В начале 2000-х наиболее острый йододефицит наблюдали в южных регионах КР [5]. Этот факт представляет собой особый интерес, так как именно в южной Джалал-Абадской области находится мировой природный центр происхождения грецкого ореха, листья и ядра которого давно рассматриваются как перспективный естественный источник органического йода [6,7]. Грецкий орех произрастает также и в северных областях Кыргызстана, но, как показало исследование, сельское население не информировано о достаточно высоком содержании йода в местных растительных продуктах [8]. И хотя статистические данные показывают, что в 2022-23 гг. количество больных эндемическим зобом на территории Иссык-Кульской области снижается, проблема обеспечения йодом населения требует активного решения.

В этой связи мы предлагаем использовать функциональные продукты специального назначения, а именно кисломолочные продукты, как альтернативу обогащенной йодом соли. Целью нашего исследования была разработка рецептуры молочного продукта, обогащенного органическим йодом из местных растительных продуктов – сухих листьев грецкого ореха.

Условия и методы исследования. Объектом исследования является молочный продукт – творожный десерт, обогащенный экстрактом из листьев грецкого ореха. Наиболее ценной частью молока является белок и минеральные вещества, эти компоненты в концентрированном виде содержатся в твороге. Поэтому мы выбрали именно творожный продукт для обогащения йодом. Выбор источника органического йода основан на опыте народной и официальной медицины, согласно которому листья грецкого ореха обладают широким спектром медицинского действия.

Результаты исследований и их обсуждение. Первой задачей было сравнить химический состав порошка из листьев грецкого ореха и морской водоросли – ламинарии. Результаты сравнения литературных данных приведены в таблице 1. Молодые листья грецкого ореха по разным источникам содержат меньше йода по сравнению с ламинарией [6], но являются источником биологически активных веществ, в том числе характеризуются высоким содержанием витаминов С и Р, и поэтому могут быть использованы в качестве комплексной обогащающей добавки при создании пищевых продуктов функционального назначения. Кроме того, наибольшее содержание йода в листьях обнаружено в мае.

На основании литературных данных химического состава сухих листьев грецкого ореха (табл. 1) мы произвели расчеты сухой массы для приготовления экстракта из листьев грецкого ореха с необходимым количеством йода.

Таблица 1

Сравнительный анализ химического состава листьев грецкого ореха и ламинарии

Наименование показателей	Содержание веществ	
	В сухих листьях грецкого ореха	В сухой ламинарии
1	2	3
Массовая доля %		
влажность	11,1	16,51
белков	7,8	7,65
липидов	1,1	0,48

Продолжение таблицы 1

1	2	3
углеводов, в том числе клетчатки	36,5 28,63	12,29 5,7
Минеральных веществ	8,5	20,0
Дубильных веществ	3,0	–
Безазотистых экстрактивных веществ	32,0	43,07
Массовая доля витаминов, мг/100 г		
С	1300	500
А (β-каротин)	330	622
Р	2,3	1,6
B_1	500	530
B_6	180	140
Е	230	150
Массовая доля микроэлементов, мг/100 г		
кальций	1240	686
магний	1260	514
калий	664	527
марганец	101	97
железо	23,1	74
цинк	25,7	12,8
фтор	1,06	3,4
йод	1120	980
Примечание: данные взяты из источника [6].		

Масса сухих листьев грецкого ореха, из которых будут получен экстракт:

1000 г сухих листьев грецкого ореха – 1120 мг йода

Z г – 0,312.5 мг йода

Z = 1000*0.312.5/1120 = 0,28 г

Количество экстракта, содержащее необходимую дозу йода, составит:

100 мл экстракта – 2 г листьев грецкого ореха

X г – 0,28 г

X = 100×0,28/2 = 14 мл.

После расчетов мы разработали предварительную технологию приготовления творожного десерта с добавлением экстракта листьев грецкого ореха: для производства творога берется цельное молоко. Молоко нагревают до 40°С, затем вносят 20% раствор $CaCl_2$ из расчета 4 г безводной соли на 1 литр молока и продолжают нагревание до 60-70 °С в течение 230-25 мин. Затем полученный сгусток собирают в марлевый мешочек для самопрессования в течение 2 ч., охлаждают и смешивают со стабилизирующей системой, в которую входят водный экстракт листьев грецкого ореха, сахарный песок и желатин. Затем всю смесь сбивают в блендере в течение 3-5 мин. Отправляют на расфасовку в 100 г стаканчики и хранят при температуре 0-6 °С не более 36 час.

Приготовление водного экстракта: 2,8 кг сухих листьев грецкого ореха залить 140 л кипящей воды и настаивать в течение 1 ч. Настой отфильтровать, охладить до 35-40°С, внести 6 кг цитрусового пектина или желатина и смешать с предварительно просеянным сахарным песком, смесь выдержать 0,5 ч, охладить до 1-2°С и внести в белковую массу для стабилизации взбитой структуры.

Готовый продукт имеет следующие органолептические показатели:

Вкус и запах – чистый кисломолочный с характерным привкусом и запахом листьев грецкого ореха.

Цвет – кремовый, с зеленым оттенком, обусловлен наличием настойки из листьев грецкого ореха. Равномерный по всей массе.

Консистенция – однородная, взбитая масса

Итоговая рецептура приготовления творожного десерта указана в таблице 2. Технологическая схема показана в таблице 3.

Таблица 2

Рецептура приготовления творожного десерта

Наименование сырья	Закладка в кг на 1000 кг без учета потерь
Творог пресный	622
Яичный белок	119
Сахар	113
Желатин	6
Настойка из сухих листьев ореха(МДСВ 3%)	140
Итого	1000

Таблица 3

Технологическая схема

Приемка и определение качества сырья
Подогрев и сепарирование молока, t=35-45ºС
Внесение 20%-ного $CaCl_2$ и нагрев смеси
Осаждение белков молока
Самопрессование и прессование
Охлаждение до температуры взбивания
Измельчение
Внесение наполнителей
Взбивание
Расфасовка
Хранение

Заключение. Грецкий орех является местным растением в Кыргызстане, свободно произрастает во всех его регионах, но в пищевой технологии это растительное сырье никак не используется. Экстракт сухих листьев грецкого ореха вполне можно использовать для обогащения функциональных продуктов, в том числе кисломолочных. Добавление экстракта из высушенных и измельченных листьев грецкого ореха в рецептуру творожного десерта не ухудшает их органолептические показатели, а, наоборот, обогащает готовый продукт ценным микроэлементом. Такие функциональные продукты вполне могут быть альтернативой йодированной соли, содержание йода в которой очень трудно контролировать.

Список литературы

1. Йод, эндемический зоб и йоддефицитные заболевания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://thyronet.rusmedserv.com/th_pati/iod-patient.html.
2. Абдулхабирова, Ф.М. Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода» [Текст] / Ф.М. Абдулхабирова, О.Б. Безлепкина, Д.Н. Бровин, Т.А. Вадина, Г.А. Мельниченко, Е.В. Нагаева, Л.В. Никанкина, В.А, Петеркова, Н.М, Платонова, А.А, Рыбакова, Т.В, Солдатова, Е.А,

Трошина, Т.Ю. Ширяева, // Проблемы эндокринологии. – 2021. – № 67(3). – С.10-25. Russian. doi: 10.14341/probl12750. PMID: 34297498; PMCID: PMC9753844.

3. Минздрав: В Кыргызстане высока заболеваемость из-за дефицита йода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vb.kg/doc/267024_minzdrav:_v_kyrgyzstane_vysoka_zabolevaemost_iz_za_deficita_yoda.
4. Султаналиева, Р.Б. Оценка обеспечения йодом питания беременных и кормящих женщин в Кыргызстане [Текст] / Р.Б. Султаналиева, Б.И. Бейшекеева, Г.А. Герасимов, // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2016. – № 12(1). – С.34-37.
5. Султаналиева, Р.Б. Состояние проблемы йодной недостаточности в Кыргызстане [Текст] / Р.Б. Султаналиева, С.К. Мамутова, // Проблемы эндокринологии. – 2003. – № 49 (3). – С. 26-28.
6. Орлова, О.Ю. Традиционные и перспективные растительные источники йода для обогащения пищевых продуктов [Текст] / О.Ю. Орлова, Т.В. Пилипенко, Л.П. Нилова, М.В. Никулина // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2015. – № 4. – С. 26-34.
7. Красина, И.Б. Листья грецкого ореха – перспективное йодосодержащее сырье для кондитерской промышленности [Текст] / И.Б. Красина, М.А. Сквиря, Т.Н. Прудникова, Е.Н. Пушкова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. – № 4. – С.49-50.
8. Сариева, Г.Е. Сохранение разнообразия сортов местных фруктовых деревьев и диких ягод в Иссык-Кульской области Кыргызстана [Текст] / Г.Е. Сариева, М.К. Турдиева, Ж.Т. Айтбаева, С.К. Кадыркулова, Ш.К. Качекова, А.К. Кудайбергенова // Овощи России. – 2019. – № 3. – С.109-115. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-109-115.

Материал поступил в редакцию 13.04.24.

О.И. Болгер[1], Г.Е. Сариева[1], Ф.Б. Сариев[1]

[1]К. Тыныстанов атындағы Ыстық-Көл мемлекеттік университеті, Каракол қ., Қырғыз Республикасы

ЙОД ЖЕТІСПЕУШІЛІГІНІҢ АЛДЫН АЛУ ЖӘНЕ ЕМДЕУ МАҚСАТЫНДАҒЫ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕРДІ ЙОДПЕН БАЙЫТУ

Аңдатпа. Қырғызстан халқын физиологиялық қажеттіліктерге қажетті мөлшерде йодпен қамтамасыз ету үшін осы микроэлементпен байытылған тұз пайдаланылады, бірақ ондағы йод мөлшерін бақылау өте қиын. Йодталған тұзға салыстырғанда йодпен бай жаңғақ жапырағы сығындысымен байытылған ашытылған сүт өнімдері болуы мүмкін. Қырғызстандағы жаңғақ жергілікті өсімдік болып табылады, ол Қырғызстанның барлық аймақтарында еркін өседі, бірақ оның өсімдік шикізаты тағамдық технологияда пайдаланылмайды. Бұл мақалада жаңғақ жапырағы сығындысы қосылған бұлғанған сүзбе десертін дайындау технологиясы талқыланады. Сүзбе десертінің рецептіне кептірілген және ұсақталған жаңғақ жапырақтарының сығындысын қосу олардың органолептикалық қасиеттерін төмендетпейді, және органикалық йодтың көп болуына байланысты бұл өнімді диетаны байыту және йод тапшылығының алдын алу үшін пайдалануға болады.

Тірек сөздер: ашытылған сүт өнімдері, йод тапшылығы, технология, йод мөлшері.

O.I. Bolger[1], G.E. Sariyeva[1], F.B. Sariyev[1]

[1]Issyk-Kul State University named after. K. Tynystanov, Karakol, Republic of Kyrgyzstan

ENRICHMENT OF FERMENTED MILK PRODUCTS WITH IODINE FOR THE PURPOSES OF PREVENTION AND TREATMENT OF IODINE DEFICIENCY

Abstract. To provide the population of Kyrgyzstan with iodine in the amount necessary for physiological needs, salt enriched with this microelement is used, but the amount of iodine in it is very difficult to control. A good alternative to iodized salt can be fermented milk products enriched with walnut leaf extract, rich in iodine. Walnut is a local plant in Kyrgyzstan; it grows freely in all regions of Kyrgyzstan, but its plant raw materials are not used in food technology. This paper discusses the technology for preparing whipped curd dessert with the addition of walnut leaf extract. Adding an extract from dried and crushed walnut leaves to the recipe for curd dessert does not impair their organoleptic properties, and due to the high content of organic iodine, this product can be used to enrich the diet and prevent iodine deficiency.

Keywords: fermented milk products, iodine deficiency, technology, iodine content.

References

1. Iodine, endemic goiter and iodine deficiency diseases [Electronic resource]. – Access mode: http://thyronet.rusmedserv.com/th_pati/iod-patient.html, [in Russian].
2. Abdulhabirova F.M., Bezlepkina O.B., Brovin D.N., Vadina T.A., Mel'nichenko G.A., Nagaeva E.V., Nikankina L.V., Peterkova V.A., Platonova N.M., Rybakova A.A., Soldatova T.V., Troshina E.A., SHiryaeva T.YU. Klinicheskiye rekomendatsii «Zabolevaniya i sostoyaniya, svyazannyye s defitsitom yoda» [Clinical guidelines "Diseases and conditions associated with iodine deficiency"] // Problemy endokrinologii [Endokrinology problems], 2021. No. 67 (3). P. 10-25, [in Russian].
3. Ministry of Health: In Kyrgyzstan, there is a high incidence of disease due to iodine deficiency [Electronic resource]. – Rezhim dostupa: https://www.vb.kg/doc/267024_minzdrav, [in Russian].
4. Sultanalieva R.B., Bejshekeeva B.I., Gerasimov G.A. Ocenka obespecheniya jodom pitaniya beremennyh i kormyashchih zhenshchin v Kyrgyzstane [Assessment of the provision of iodine in the diet of pregnant and lactating women in Kyrgyzstan] // Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya [Clinical and experimental thyroidology], 2016. No. 12 (1). P. 34-37, [in Russian].
5. Sultanalieva R.B., Mamutova S.K. Sostoyanie problemy jodnoj nedostatochnosti v Kyrgyzstane [State of the problem of iodine deficiency in Kyrgyzstan] // Problemy endokrinologii [Problems of endocrinology], 2003. No. 49 (3). P. 26-28, [in Russian].
6. Orlova O.YU., Pilipenko T.V., Nilova L.P., Nikulina M.V. Tradicionnye i perspektivnye rastitel'nye istochniki joda dlya obogashcheniya pishchevyh produktov [Traditional and promising plant sources of iodine for food fortification] // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO [Scientific journal NIU ITMO], 2015. No. 4. P. 26-34, [in Russian].
7. Krasina I.B., Skvirya M.A., Prudnikova T.N., Pushkova E.N. List'ya greckogo orekha – perspektivnoe jodosoderzhashchee syr'e dlya konditerskoj promyshlennosti [Walnut leaves are a promising iodine-containing raw material for the confectionery industry] // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [News of Universities. Food technology], 2007. No. 4. P. 49-50, [in Russian].
8. Sarieva G.E., Turdieva M.K., Ajtbaeva ZH.T., Kadyrkulova S.K., Kachekova SH.K., Kudajbergenova A.K. Sohranenie raznoobraziya sortov mestnyh fruktovyh derev'ev i dikih yagod v Issyk-Kul'skoj oblasti Kyrgyzstana [Preserving the diversity of local fruit trees and wild berries in the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan] // Ovoshchi Rossii [Vegetables of Russia], 2019. No. 3. P. 109-115, [in Russian]. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-109-115.

ҒТАМР 65.35.91

А.Ж. Оразов[1] – *негізгі автор*, ©
Г.З. Каиргалиева[2], **Д.С. Жаксыгалиева**[3], **А.Қ. Амантай**[4]

[1]*Техн. ғылым. канд., доцент м.а.,* [2]*Магистр, аға оқытушы,*
[3]*Магистр, оқытушы,* [4]*Магистрант*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0003-2191-1295* [2]*https://orcid.org/0000-0002-6941-4805*
[3]*https://orcid.org/0009-0008-3646-0259* [4]*https://orcid.org/0009-0004-7252-0934*

[1,2,3,4]*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,*
Орал қ., Қазақстан

@ [1]*orazov_ayan@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/TXSM4071

ҚАНТТЫ ПЕЧЕНЬЕНІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫНА ГҮЛ ТОЗАҢЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Зерттеу жұмысында қантты печеньенің тағамдық құндылығын арттыру үшін биологиялық белсенді шикізат ретінде гүл тозаңының әсері зерттеліп, тағамдық құндылығы жоғары қантты печеньенің рецептурасын әзірлеу нәтижелері келтірілген. Құрамында қант, флавоноидтар, дәрумендер, минералдар және маңызды аминқышқылдары бар гүл тозаңын биологиялық белсенді шикізат ретінде қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Қантты печеньені өндіруде жоғары сұрыпты бидай ұнына 3 г, 5 г, 7 г, 9 г мөлшерінде гүл тозаңы енгізілді. Гүл тозаңы қосылған қантты печеньенің физико-химиялық көрсеткіштері, тағамдық және биологиялық құндылығы анықталған. Дайын өнімнің ақуыз мөлшері 0,31%, май 3,44%, көмірсу 15,48% артты. Зерттеу нәтижелеріне сүйене келе, гүл тозаңын қантты печеньеге қолдану, өнімнің тағамдық құндылықтарын жоғарылатып, өнімге ерекше дәм мен хош иіс берді. Қантты печеньеге гүл тозаңын қосу өнімді дұрыс тамақтануға бағытталған тұтынушылар үшін пайдалы ете отырып, өнімнің тұтынушылық қасиеттерін жақсартты.

Тірек сөздер: ұнды кондитерлік өнім, қантты печенье, гүл тозаңы, дәстүрлі емес шикізат, тағамдық қоспа.

Оразов, А.Ж. Қантты печеньенің тағамдық құндылығына гүл тозаңының әсері [Мәтін] / А.Ж. Оразов, Г.З. Каиргалиева, Д.С. Жаксыгалиева, А.Қ. Амантай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.44-53. https://doi.org/10.55956/TXSM4071

Кіріспе. Тамақтану – адам денсаулығына, жұмысына, шығармашылығына, белсенділігі мен өмір сүру ұзақтығына үлкен әсер ететін негізгі факторлардың бірі, өйткені барлық қажетті коректік заттар ағзаға тағаммен бірге сіңеді [1]. Метаболизм нәтижесінде коректік заттар жасушалардың құрылымдық элементтеріне айналады, адамды қажетті энергиямен қамтамасыз етеді.

Сондай тағамдардың бірі, адам ағзасы үшін маңызды тағамдық заттардың дәстүрлі көзі – ұнды кондитерлік өнімдер. Мұндай өнімдерге, әдетте қант мөлшері көп, жоғары калориялы және сіңімді, жағымды дәмі,

хош иісі және тартымды сыртқы көрінісі бар тағамдар жатады [2]. Дегенмен, ұнды кондитерлік өнімдердің көпшілігінің құрамында ақуыздың, алмастырылмайтын аминқышқылдарының, дәрумендердің, минералдардың және адамның тамақтануы үшін басқа да физиологиялық маңызды компоненттердің жеткілікті мөлшері аз. Заман талаптарына сәйкес тағам өнімдері, оның ішінде кондитерлік өнімдер бос калория тасымалдаушысы емес, белгілі бір функционалды фокусқа ие болуы керек [3]. Ол үшін кондитерлік өнімдердің құрамына өнімнің органолептикалық қасиеттерін жақсартатын, тағамдық және биологиялық құндылығын арттыратын, бірақ калория мөлшерін азайтуға көмектесетін функционалдық ингредиенттерді, микронутриенттерді, биологиялық белсенді шикізаттарды қолдану қажет [4].

А.С. Лоцманов, Г.И. Назимова, А.С. Романов ғалымдарының зерттеулерінде гүл тозаңының химиялық құрамы көрсетілген, ондағы ақуыздардың мөлшері орташа есеппен 33%, көмірсулар 30%, құрғақ заттар 76% құраған. Ал талшық тозаң дәндерінің қабығында целлюлоза түрінде 1-3% дейін кездессе, крахмал мөлшері 7% дейін жеткен [5].

А.Н. Медянцева, Н.Г. Кудрявцева ғалымдарының зерттеулерінде гүл тозаңындағы май қышқылдық құрамы пальмитин қышқылына 34.9% және 33.4% және 12.1% мөлшерінде полиқанықпаған линолен ω-3 және линол ω-6 қышқылын құрайтынын көрсеткен [6]. Полиқанықпаған май қышқылдары қандағы холестерин концентрациясының төмендеуіне, оны ағзадан шығаруға ықпал етеді, сондықтан атеросклерозға профилактикалық және емдік әсер етеді [7].

З.А. Канарская, Ф.К. Хузин, А.Р. Ивлева, В.М. Гематдинова ғалымдарының жұмыстарында гүл тозаңындағы маңызды аминқышқылдарының толық жиынтығы бар екені зерттелген. Лейцин, аланин және пролиннің көп мөлшерде кездесетінін атап өткен [8].

Маңызы дәлелденген гүл тозаңын ұнды кондитерлік өнімдерге қосу оны байытудың ең перспективалы жолы болып табылады. Гүл тозаңы – балшырындар мен ара бездерінің секрециясы қосылған тозаң дәндерінен алынатын омарта шаруашылығының өнімі [9-11]. Гүл тозаңының құрамы күрделі және бай, ағзаның өсуі мен дамуына қажетті барлық қоректік заттарды қамтиды, бірақ оның химиялық құрамы өзгермелі, ол өсімдік түріне, гүлдену кезеңіне, географиялық жағдайларға және жинау мерзіміне тәуелді [12,13]. Сондықтан, зерттеу жұмысында қантты печеньенің тағамдық құндылығын арттыру үшін жоғары сапалы бидай ұнына ұтымды мөлшерде гүл тозаңын енгізу ұсынылып отыр. Жұмыстың мақсаты – қантты печенье технологиясында тозаңды биологиялық белсенді шикізат ретінде және тағамдық құндылығын арттыру үшін қолдану мүмкіндігін зерттеу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеулер ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институтында», АҚ «Алматы технологиялық университетінде» және Жәңгір хан атындағы БҚАТУ «Тағам және қайта өңдеу өндірістерінің технологиялары» жоғары мектебінің зертханаларында жүргізілді.

Технологиялық нұсқауларға сәйкес жоғары сұрыпты ұннан жасалған қантты печеньенің рецептурасы мен дайындау режимі негіз ретінде алынды. Зерттеу нысаны – бақылау үлгісі мен ұн массасына гүл тозаңының 3 г, 5 г, 7 г, 9 г дозаларын қолдану арқылы жасалған қантты печенье. Сәйкесінше үлгілерге келесідей нөмірлер берілді: бақылау және №1, №2, №3, №4 үлгілер. Жұмыста жалпы қабылданған зерттеу әдістері қолданылды:

– Гүл тозаңының органолептикалық сапа көрсеткіштері ГОСТ 28887-90 «Гүл тозаңы. Техникалық шарттар» бойынша;

– Қантты печеньелердің органолептикалық сапа көрсеткіштері ГОСТ 4901-2014 «Печенье. Жалпы техникалық шарттары» бойынша;

– Қантты печеньедегі ақуыздың массалық үлесін анықтау әдісі ГОСТ 34551-2019 «Кондитерлік өнімдер.Ақуыздың массалық үлесін анықтау» бойынша;

– Көмірсу мен майдың массалық үлесін анықтау әдістері ГОСТ 25832-89 «Диеталық нан-тоқаш өнімдері. Техникалық шарттары» бойынша;

– Аминқышқылдық құрамы ГОСТ 55569-2013 «Жем, құрама жем, құрама жем шикізаты. Протеиногенді аминқышқылдарын капиллярлық электрофорез әдісімен анықтау» бойынша;

– Майқышқылдық құрамы ГОСТ 30418-96 «Өсімдік майлары. Май қышқылының құрамын анықтау әдістері» бойынша жүргізілді.

Гүл тозаңы ұсақталған күйде қолданылды, ол үшін гүл тозаңы Kenwood multipro микромельницасында 25-30 секунд ұнтақтау арқылы алынды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ұнды кондитерлік өнімдердің сапа көрсеткіштерін бағалау – бұл өнімнің сапасына кіретін бір немесе бірнеше қасиеттерінің сандық сипаттамасы, оны құру мен пайдаланудың немесе тұтынудың белгілі бір шарттарына қатысты қарастырылады [14]. Зерттеу бірнеше кезеңдерге бөлінді:

I кезең: биологиялық белсенді шикізат гүл тозаңының органолептикалық көрсеткішін бағалау;

II кезең: бақылау, №1, №2, №3, №4 үлгілерінің рецептурасын құрастыру;

III кезең: үлгілердің органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштерін бағалау;

IV кезең: бақылау үлгісі мен №1 үлгісінің аминқышқылдық және майқышқылдық құрамын зерттеу.

Органолептикалық талдаудың басты артықшылығы – ең аз шығындармен мүмкіндігінше қысқа мерзімде тағамның қасиеттері туралы түсінік алу мүмкіндігі. Бағалаудың бұл түрі шикізаттың, өнімнің сапасын тез және қарапайым бағалауға, рецептураның бұзылуын, ыдыс-аяқтарды өндіру және жобалау технологиясын анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде анықталған кемшіліктерді жою үшін шараларды алдын алуға өте тиімді. Зерттеудің бірінші кезеңінде гүл тозаңының органолептикалық көрсеткіштері анықталды (1-кесте).

Кесте 1

Гүл тозаңының органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	ГОСТ 28887-90 «Гүл тозаңы. Техникалық шарттар»	Тәжірибелі гүл тозаңы	Сәйкес-тігі
1	2	3	4
Сыртқы түрі	Дәнді, оңай сусымалы	Дәнді, оңай сусымалы	Сәйкес
Консистенциясы	Қатты, саусақпен иленбейді, қатты затпен басқанда тегістеледі немесе жартылай ыдырайды.	Қатты, саусақпен иленбейді, қатты затпен басқанда тегістеледі немесе жартылай ыдырайды.	Сәйкес

1-кестенің жалғасы

Дәндерінің мөлшері	1,0-4,0	2,0-3,0	Сәйкес
Түсі	Сарыдан күлгін және қараға дейін	Түрлі түсті дәндер – сарыдан қою күлгінге дейін	Сәйкес
Иісі	Арнайы бал иісі, тозаңға тән иіс	Спецификалық, балдың айқын иісі	Сәйкес
Дәмі	Хош иісті, тәтті, ащы немесе қышқыл болуы мүмкін	Хош иісті, тәтті, ащы-қышқыл дәм	Сәйкес
Механикалық қоспалардың массалық үлесі, %, артық емес	0,1	Табылмады	Сәйкес

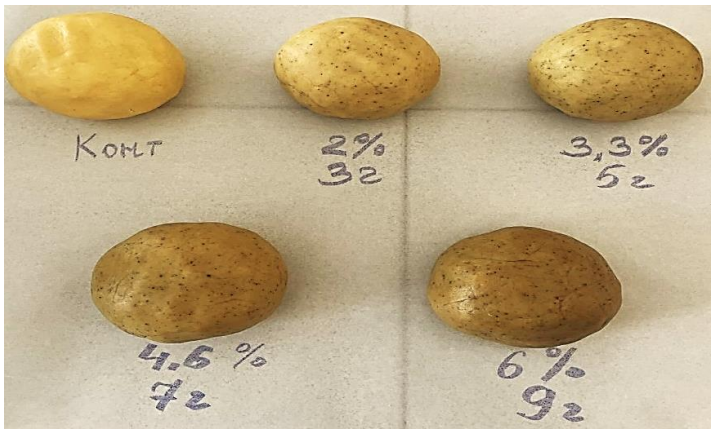
1-кестедегі деректер гүл тозаңының ГОСТ 28887-90 көрсеткіштеріне сәйкес келетінін көрсетті, бұл зерттеуді әрі қарай жалғастыруға және оны биологиялық белсенді шикізат ретінде пайдалануға мүмкіндік берді.

Қантты печеньенің органолептикалық көрсеткіштерінің өзгеруін анықтау үшін гүл тозаңының мөлшерінің дайын өнімнің көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Ол үшін ұнның бір бөлігі 3 г, 5 г, 7 г, 9 г мөлшерінде биологиялық белсенді гүл тозаңымен ауыстырылды (2-кесте). Дайын қамырлар 1-суретте көрсетілген.

Кесте 2

Қантты печенье рецептуралары

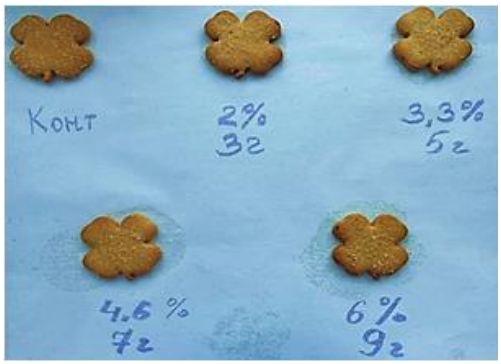
№	Шикізат атауы	Шикізаттар мөлшері, г				
		Бақылау үлгісі	№1	№2	№3	№4
1	Бидай ұны ж/с	150	147	145	143	141
2	Сары май	80	80	80	80	80
3	Ванильді қант	10	10	10	10	10
4	Жұмыртқа сарысы	20	20	20	20	20
5	Қант ұнтағы	30	30	30	30	30
6	Крахмал	20	20	20	20	20
7	Қопсытқыш	8	8	8	8	8
8	Тұз	2	2	2	2	2
9	Барлығы:	320	320	320	320	320



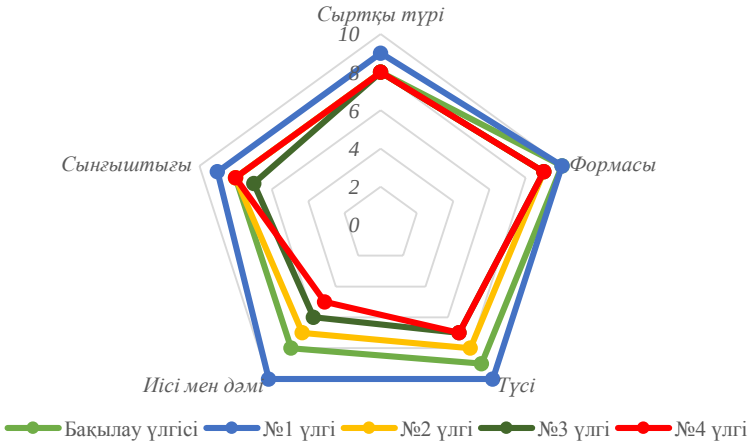
Сурет 1. Қантты печеньенің дайын қамырлары

Бақылау үлгісіне қарағанда №1 және №2 үлгілерінің қамыры сарғыштау және қою сары реңк берді. Ал, №3 және №4 үлгілерінің қамыры қоңыр түске дейін боялды. Гүл тозаңының мөлшері өскен сайын дәнінің ұнтақтары қамырда айқын көрініс тапты. Ол дайын өнімнің пісу уақытына, кеуектілігіне, сынғыштығына және сыртқы түріне теріс әсерін берді.

Дайын өнімнің органолептикалық сапасын бағалау үшін әр үлгіден орташа сынама алынып, оның сыртқы түріне, формасына, түсіне, иісі мен дәміне және сынғыштығына сараптау жүргізіліп, зерттеу нәтижесі сурет 2,3 көрсетілген. №1, №2 үлгілерінде қантты печеньенің түсінің өзгеруі байқалады, ал №3, №4 үлгілерінде қантты печеньенің түсі күшейе түсті. Гүл тозаңының дозасын жоғарылату печеньелердің түс қарқындылығының өзгеруіне және дәміне айтарлықтай өзгерістер көрсетті. Балдың жағымды дәмінен айқын қышқыл дәмге дейін жетті. №2, №3, №4 үлгілер өнімнің пісу уақытына, дәміне, сынғыштығына, кеуектілігіне және тауарлық көрінісіне теріс әсерін берді.



Сурет 2. Гүл тозаңы қосылып пісірілген сынақ қантты печеньелер



Сурет 3. Үлгілердің органолептикалық сапа бағалауы

Дегустациялық бағалау нәтижелері бақылау үлгісімен салыстырғанда №1 үлгінің формасы, түсі және иісі мен дәмі ең жоғары баллдармен бағаланып, оңтайлы мөлшер ретінде таңдап алынды. №1 үлгідегі қантты

печенье бал мен тозаңның жағымды хош иісімен, жұмсақ, біркелкі кеуекті болды. Сондықтан алдағы зерттеулер бақылау және №1 үлгілеріне жүргізілді.

Кондитерлік өнімдердің сапасын бағалау кезінде тұтынушылық қасиеттері, сондай-ақ физика-химиялық көрсеткіштері ескеріледі, олар өнімнің тағамдық құндылығын тез бағалауға мүмкіндік береді (3-кесте).

Кесте 3

Қантты печеньенің физикалық-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштердің атауы	ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Жалпы техникалық шарттар»	Бақылау үлгісі	№1 үлгісі
1	Ақуыз, %	5-10	8,00	8,31
2	Май, %	15-30	25,71	29,15
3	Көмірсу, %	40-70	44,76	60,24

Екі үлгінің сапалық көрсеткіштерін салыстыру кезінде №1 үлгісінің ақуыз мөлшері 0,31%, май 3,44% және көмірсу 15,48% жоғарылағанын атап өтуге болады. Гүл тозаңындағы ақуыздар, бос аминқышқылдары, көмірсулар, майлар, дәрумендер, макро және микроэлементтер, органикалық қышқылдар, фитогормондар, пигменттер тозаңның тұтас биологиялық белсенді кешенін құрайтындықтан осындай нәтиже көрсетті.

Рационалды тамақтанудағы маңызды рөл ақуыздарға тиесілі. Аминқышқылдарының құрамы мен тепе-теңдігі бойынша ақуыздар биологиялық тұрғыдан құнды, өйткені олардың сіңімділігі 90-95% құрайды [15]. Сол себепті, келесі кезеңде бақылау және №1 үлгілерінің аминқышқылдық құрамы зерттелді (4-кесте).

Кесте 4

Қантты печеньенің аминқышқылдық құрамы

№	Аминқышқылдардың атауы	Аминқышқылдардың массалық үлесі, г/100г өнімде		
		ФАО/ДДҰ, 2011ж	Бақылау үлгісі	№1 үлгі
1	лизин	4,8	1,90	2,13
2	фенилаланин+тирозин	4,1	1,71	2,81
3	гистидин	1,6	1,91	2,53
4	лейцин	6,1	1,35	1,58
5	изолейцин	3,0	1,40	1,65
6	метионин+цистин	2,3	0,42	0,47
7	валин	4,0	1,01	1,19
8	треонин	2,5	2,00	2,87
9	триптофан	0,7	0,04	0,12

ФАО/ДДҰ ұсынған 2011 жылғы анықтамалық мәліметтер негізінде бақылау үлгісі мен №1 үлгісінің ақуыздық компонентіне есептеу жүргізілді. Бұл зерттеу эталондық ақуыздағы алмаспайтын аминқышқылдарының құрамына қатысты зерттелетін өнімдегі алмаспайтын аминқышқылдарының құрамының сәйкестігін бағалауға мүмкіндік береді. Жүргізілген есептеулердің нәтижесінде бақылау үлгісіне қарағанда №1 үлгісінің аминқышқылының мөлшері 13% артты. Сондықтан, №1 үлгісінің ақуыз компонентінің биологиялық құндылығы жоғары деген қорытынды жасауға болады. Гүл тозаңында аминқышқылдардың көп мөлшерде болуына байланысты осындай нәтиже көрсетті.

Өнімнің майлы компонентінің биологиялық құндылығы оның май қышқылдарының сапалық: қаныққан, моноқанықпаған және полиқанықпаған құрамымен сипатталады. Нутрицевтиканың қазіргі ережелеріне сәйкес полиқанықпаған май қышқылдары биологиялық құнды болып саналады. Осы зерттеу аясында бақылау үлгісі мен №1 үлгісінің майқышқылдары құрамы есептелді (5-кесте).

Кесте 5

Зерттелетін өнімдер майларының майқышқылдық құрамы

№	Майқышқылдарының атауы	Майқышқылдардың массалық үлесі, г/100г өнімде		
		Г.Г. Онищенко сәйкес тұтыну нормасы	Бақылау үлгісі	№1 үлгі
1	Қаныққан май қышқылдары	34,7	37,3	38,4
2	Моноқанықпаған май қышқылы	34,7	36,0	38,3
3	Полиқанықпаған май қышқылы	30,6	21,6	31,5

Гүл тозаңының құрамында маңызды майқышқылдардың жеткілікті мөлшері болғандықтан, бақылау үлгісіне қарағанда №1 үлгісінің қаныққан майқышқылдары 1,1 г, моноқанықпаған майқышқылдары 2,3 г, полиқанықпаған майқышқылдары 9,9 г артты. Тәуліктік норманың шегінен асып түсіп, оң нәтиже көрсетті. Алынған мәліметтер негізінде №1 үлгісінің майқышқышқылдық құрамы ең жоғары биологиялық құндылыққа ие екендігі анықталды. Гүл тозаңын пайдалану қантты печенье дайындаудың технологиялық процесінің және техникалық қолдануының параметрлерін қиындатпайтынын атап өткен жөн.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері қантты печенье технологиясында гүл тозаңын пайдалану өнімнің органолептикалық сапа көрсеткіштерін жақсартып, тағамдық және биологиялық құндылығын арттырды. 3 г тозаңды қосудың арқасында бақылау үлгісінен №1 үлгісінің ақуыз мөлшері 0,31%, май мөлшері 3,44% және көмірсу мөлшері 15,48% жоғарылаған. Бақылау үлгісіне қарағанда №1 үлгісінің алмаспайтын аминқышқылдары 13% артқан. Ал майқышқылдық құрамы бақылау үлгісіне қарағанда №1 үлгісінің қаныққан майқышқылдары 1,1 г, моноқанықпаған майқышқылдары 2,3 г, полиқанықпаған майқышқылдары 9,9 г көбейді. Тәуліктік норманың шегінен асып түсіп, оң нәтиже көрсеткен. Алынған мәліметтер негізінде №1 үлгісінің майқышқышқылдық құрамы ең жоғары биологиялық құндылыққа ие екендігі анықталған. Зерттеу қант печеньесіне гүл тозаңын қосу өнімді дұрыс тамақтануға бағытталған тұтынушылар үшін пайдалы ете отырып, бірегей артықшылықтар беретінін көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Халапханова, Л.В. Использования нетрадиционного сырья производстве мучных кондитерских изделий [Текст] / Л.В. Халапханова // Техника и технологии продуктов питания. – 2014. – № 3. – С. 258-262.
2. Типсина, Н.Н. Использование крыжовника в мучных кондитерских изделиях [Текст] / Н. Н. Типсина // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 4. – С. 41-44.
3. Faisal T., Greet K. The role of sugar and fat in sugar–snap cookies: Structural and textural properties // Journal of Food Engineering, 2009. Vol. 90, No. 3. P. 400-408.

4. Tkachenko A. Consumer properties improvement of sugar cookies with fillings with non–traditional raw materials with high biological value // Eastern–European Journal of Enterprise Technologies, 2016. Vol. 81, No. 3/11. P. 54-61.
5. Лоцманов, А.С. Использование продуктов пчеловодства для повышения пищевой ценности тортов и пирожных [Текст] / А.С. Лоцманов // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3. – С. 119-126.
6. Медянцева, А.Н. Цветочная пыльца в технологии пшеничного хлеба [Текст] / А.Н. Медянцева // Инновационная техника и технология. – 2017. – № 4. – С. 66-72.
7. Katsumi W. Amino Acid Composition, Oxidative Stability, and Consumer Acceptance of Cookies Made with Quinoa Flour // Food Science and Technology Research, 2014. Vol.20, No. 3. P. 687-691.
8. Канарская, З.А. Тенденции развития технологии кондитерских изделий [Текст] / З.А. Канарская // Вестник ВГУИТ. – 2016, – № 3. – С. 195-204.
9. Zhuoyun T., Ran Y. Flower Pollen–Based Photosensitization Process for Enhanced Solar Disinfection of Drinking Water: Reactor Design and Inactivation Mechanisms // ACS ES&T Engineering, 2022. Vol. 4, No. 2. P. 629-641.
10. Типсина, Н.Н. Использование порошка голубики в мучных кондитерских изделиях [Текст] / Н. Н. Типсина // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 11. – С. 150-154.
11. Боташева, Х.Ю. Повышение биотехнологического потенциала мучных кондитерских изделий [Текст] / Х.Ю. Боташева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11. – С. 32-36.
12. Щербакова, Е.И. Обоснование использования нетрадиционного сырья в производстве мучных кондитерских [Текст] / Е.И. Щербакова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014. – № 3. – С. 94- 99.
13. Абуова, А.Б. Применение инновационных технологий в производстве мучных кондитерских изделий [Текст] / А. Б. Абуова // Евразийский Союз Ученых. – 2015. – № 11. – С. 31-34.
14. Типсина, Н.Н. Использование порошка облепихи в производстве кондитерских изделий [Текст] / Н. Н. Типсина // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 5. – С. 223-228
15. Ryngach N. Rational nutrition as a prerequisite for eliminating the risk of overweight: public opinion and practice // Search life–sciences literature, 2018. Vol. 71, No. 3. P. 551–557.

Материал редакцияға 02.05.24 түсті.

А.Ж. Оразов[1], Г.З. Каиргалиева[1], Д.С. Жаксыгалиева[1], А.Қ. Амантай[1]

[1]Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТОЧНОЙ ПЫЛЬЦЫ НА ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ

Аннотация. В работе изучено влияние цветочной пыльцы в качестве биологически активного сырья для повышения пищевой ценности сахарного печенья. Приведены результаты разработки рецептуры сахарного печенья с высокой пищевой ценностью. Показано, что цветочная пыльца, содержащая сахар, флавоноиды, витамины, минералы и незаменимые аминокислоты, может использоваться в качестве биологически активного сырья. При производстве сахарного печенья в пшеничную муку высшего сорта вносилась цветочная пыльца в количестве 3 г, 5 г, 7 г, 9 г. Определены физико-химические показатели, пищевая и биологическая ценность сахарного печенья с добавлением цветочной пыльцы. Содержание белка в готовом продукте увеличилось на 0,31%, жиров на 3,44%,

углеводов на 15.48%. Основываясь на результатах исследования, использование цветочной пыльцы в сахарном печенье повысило пищевую ценность продукта и придало продукту особый вкус и аромат. Добавление цветочной пыльцы в сахарное печенье улучшило потребительские свойства продукта, сделав его более полезным для потребителей, ориентированных на здоровое питание.

Ключевые слова: мучная выпечка, сахарное печенье, цветочная пыльца, мед, пищевая добавка.

A.Zh. Orazov[1], G.Z. Kairgalieva[1], D.S. Zhaksygalieva[1], A.K. Amantay[1]

[1]Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University, Uralsk, Kazakhstan

INFLUENCE OF POLLEN ON THE NUTRITIONAL VALUE OF SUGAR COOKIES

Abstract. The paper studies the effect of flower pollen as a biologically active raw material to increase the nutritional value of sugar cookies. The results of the development of the recipe of sugar cookies with high nutritional value are presented. It is shown that flower pollen containing sugar, flavonoids, vitamins, minerals and essential amino acids can be used as biologically active raw material. In the production of sugar cookies, flower pollen in the amount of 3 g, 5 g, 7 g, 9 g was added to wheat flour of the highest grade. Physico-chemical parameters, nutritional and biological value of sugar cookies with the addition of flower pollen were determined. The content of protein in the finished product increased by 0.31%, fats by 3.44%, carbohydrates by 15.48%. Based on the results of the study, the use of flower pollen in sugar cookies increased the nutritional value of the product and gave the product a special flavor and aroma. The addition of flower pollen to sugar cookies improved the consumer properties of the product, making it more useful for health-conscious consumers.

Keywords: flour confectionery, sugar cookies, flower pollen, honey, food additive.

References

1. Khalapkhanova L.V. Ispol'zovaniya netraditsionnogo syr'ya proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy [Use of non-traditional raw materials in the production of flour confectionery products] // Tekhnika i tekhnologii produktov pitaniya [Equipment and technology of food products], 2014. No. 3. P. 258-262, [in Russian].
2. Tipsina N.N. Ispol'zovaniye kryzhovnika v muchnykh konditerskikh izdeliyakh [The use of gooseberries in flour confectionery products] // Vestnik KrasGAU [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2015. No. 4. P. 41-44, [in Russian].
3. Faisal T., Greet K. The role of sugar and fat in sugar–snap cookies: Structural and textural properties // Journal of Food Engineering, 2009. Vol. 90, No. 3. P. 400-408.
4. Tkachenko A. Consumer properties improvement of sugar cookies with fillings with non–traditional raw materials with high biological value // Eastern–European Journal of Enterprise Technologies, 2016. Vol. 81, No. 3/11. P. 54-61.
5. Lotsmanov A.S. Ispol'zovaniye produktov pchelovodstva dlya povysheniya pishchevoy tsennosti tortov i pirozhnykh [The use of beekeeping products to increase the nutritional value of cakes and pastries] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Equipment and technology of food production], 2011. No. 3. P. 119-126, [in Russian].
6. Medyantseva A.N. Tsvetochnaya pyl'tsa v tekhnologii pshenichnogo khleba [Flower pollen in wheat bread technology] // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative equipment and technology], 2017. No. 4. P. 66-72, [in Russian].

7. Katsumi W. Amino Acid Composition, Oxidative Stability, and Consumer Acceptance of Cookies Made with Quinoa Flour // Food Science and Technology Research, 2014. Vol.20, No. 3. P. 687-691.
8. Kanarskaya, Z.A. Tendentsii razvitiya tekhnologii konditerskikh izdeliy [Trends in the development of confectionery technology] // Vestnik VGUIT [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 2016. No. 3. P. 195-204, [in Russian].
9. Zhuoyun T., Ran Y. Flower Pollen–Based Photosensitization Process for Enhanced Solar Disinfection of Drinking Water: Reactor Design and Inactivation Mechanisms // ACS ES&T Engineering, 2022. Vol. 4, No. 2. P. 629-641.
10. Tipsina N.N. Ispol'zovaniye poroshka golubiki v muchnykh konditerskikh izdeliyakh [The use of blueberry powder in flour confectionery products] // Vestnik KrasGAU [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2015. No. 11. P. 150-154, [in Russian].
11. Botasheva KH.YU. Povysheniye biotekhnologicheskogo potentsiala muchnykh konditerskikh izdeliy [Increasing the biotechnological potential of flour confectionery products] // Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental Research], 2015. No. 11. P. 32-36, [in Russian].
12. Shcherbakova Ye.I. Obosnovaniye ispol'zovaniya netraditsionnogo syr'ya v proizvodstve muchnykh konditerskikh [Justification for the use of non-traditional raw materials in the production of flour confectionery] // Vestnik YUUrGU. Seriya «Pishchevyye i biotekhnologii» [Bulletin of South Ural State University. Series “Food and Biotechnologies”], 2014. No. 3. P. 94- 99, [in Russian].
13. Abuova, A.B. Primeneniye innovatsionnykh tekhnologiy v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy [Application of innovative technologies in the production of flour confectionery products] // Yevraziyskiy Soyuz Uchenykh [Eurasian Union of Scientists], 2015. No. 11. P. 31-34, [in Russian].
14. Tipsina N.N. Ispol'zovaniye poroshka oblepikhi v proizvodstve konditerskikh izdeliy [The use of sea buckthorn powder in the production of confectionery products] // Vestnik KrasGAU [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University], 2013. No. 5. P. 223-228, [in Russian].
15. Ryngach N. Rational nutrition as a prerequisite for eliminating the risk of overweight: public opinion and practice // Search life–sciences literature, 2018. Vol. 71, No. 3. P. 551–557.

ҒТАМР 65.09.03

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

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0003-2483-7406 [2]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

@ *[1]aygerim_talgatqyzy@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/QPRI2056

СИММЕНТАЛЬ СИЫРЛАРЫНЫҢ УЫЗ СҮТІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ТАМАҚ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ұсынылған мақалада Ақмола облысының симменталь тұқымды сиырларының уыз сүтінің сапасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Сиыр уызында биологиялық белсенді заттардың едәуір мөлшері бар, бұл оны функционалды бағыттағы өнімдер технологиясында қолдануға мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде сиыр уызының химиялық құрамы сиырларды төлдеу кезеңінен бастап өткен уақытқа байланысты екендігі анықталды. Төлдегеннен кейінгі бірінші күні сауылған уыз сүтіндегі ақуыз мөлшері 24 және 36 сағаттан кейін сауылған уыз сүтінен үш есе жоғары екені анықталды. Сондай-ақ, уыз сүтінде 1 күн және 2 күн құрғақ заттардың жоғары мөлшері анықталды. Биологиялық белсенді компоненттердің кең спектрін ескере отырып, мамандандырылған тамақ өнімдерін әзірлеуге болады.

Тірек сөздер: биологиялық белсенді қоспалар, сүт, уыз, химиялық құрамы.

Тултабаева, Т.Ч. Симменталь сиырларының уыз сүтінің физика-химиялық құрамын тамақ өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде зерттеу [Мәтін] / Т.Ч. Тултабаева, Г.Н. Жакупова, Қ.Қ. Макангали, А.Т. Сағандық, А.Х. Мулдашева, А.Т. Ахметжанова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.54-63. https://doi.org/10.55956/QPRI2056

Кіріспе. Дұрыс тамақтанбау дамушы және дамымаған елдерде кеңінен таралған ол балалардың денсаулық жағдайымен тығыз байланысты маңызды мәселе болып табылады. Өмір сүру ұзақтығы мен өлім-жітім деңгейін денсаулық жағдайының көрсеткіштері ретінде көрсетті және иммунитеті нашар нәрестелер мен балалар арасындағы өлім-жітімнің алаңдатарлық көрсеткіштерін түсіндірді. Мұндай популяцияларды уыз сүті мен оның препараттарымен тамақтандыру арқылы пассивті иммундау бұрыннан насихатталған.

Уыз сүті – бұл төлдегеннен кейін сау, сауын жануарды толығымен беру арқылы алынған сүт бездерінің алғашқы секрециясы. Бұл табиғи антиденелердің (иммуноглобулиндер – Ig), микробқа қарсы ақуыздардың (лизоцим, лактоферрин және лактопероксидаза) және бірқатар болжамды функциялары бар өсу факторларының ең бай көзі [1]. Көптеген зерттеулер жануарлар мен адамдарды пассивті иммундау, асқазан-ішек жолдарының бұзылуын жақсарту, спортшылардың жұмысын жақсарту және т.б. үшін уыз сүтін қолдануды ұсынды. Құрғақ препарат иммунотерапиялық қасиеттерді сақтаудың ең қолайлы түрі болып табылады. Оларды сақтау, тасымалдау, қалпына келтіру және қолдану оңай. Алайда, уыз сүтінің биоактивті заттарының, атап айтқанда иммуноглобулиндердің термиялық өңдеуге осалдығы уыз сүтін коммерциялық өңдеуді шектейді [2,3].

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.

Дүние жүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ), Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы(ФАО), сондай-ақ басқа да халықаралық ұйымдар микроэлементтер мен дәрумендердің жетіспеушілігі әртүрлі ауруларға, әсіресе жүрек-қан тамырлары, аллергиялық, аутоиммунды және инфекциялық ауруларға әкелетінін анықтады. Емдік-профилактикалық мақсаттағы тамақ өнімдері технологиясын дамытудың ең перспективалы бағыттарының бірі – сиыр уызы – ақуыз, иммуноглобулиндер, минералдар, дәрумендер және басқа да биологиялық белсенді қосылыстардың көзі. Иммундық түзету мен денені қорғауды қамтамасыз ететін сиыр уызының функционалдық қасиеттері иммуноглобулин, лактоферин және басқа белсенді компоненттердің болуына байланысты [4,5].

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында уыз сүтін жинау және өңдеу жүргізілмейді. Орташа алғанда, бір сиыр 40 л-ге дейін уыз сүтін беретінін ескерсек, бұзау тәулігіне 18 л ғана тұтынады, ал қалған уыз сүті өнеркәсіптік ауқымда іс жүзінде қолданылмайды. Шетелде, әсіресе АҚШ пен Францияда уыз сүті әртүрлі диеталық қоспаларды өндіру үшін қолданылады. Сүтпен салыстырғанда уыз сүтінде (колострум) ақуыздар 5 есе көп (олардың 60-80%-ы сарысулық ақуыздар, негізінен иммуноглобулиндер), Ca, Mg, P, Fe және т.б. сияқты минералдар 1,5 есе көп. Сондай-ақ, A, E, D, C дәрумендерінің мөлшері сиыр сүтіне қарағанда 3 есе көп [6].

Сиыр уыз сүті мен оның компоненттері иммундық реттеу қабілеті мен микробқа қарсы белсенділік арқылы жүрек-қан тамырлары, аутоиммунды, онкологиялық ауруларды қоса алғанда, әртүрлі ауруларды емдеу үшін қолданылатыны анықталды. Демек, сиыр уызын қолдану негізінде тамақ технологиясын дамыту өзекті мәселе болып табылады. Уыз сүтін тамақ технологиясында қолданудың ең тиімді әдісі кептіру әдісі болып табылады [7]. Қазіргі кезеңде кептірудің әртүрлі түрлері бар, бұл көбірек қызығушылық тудырады, өйткені ол тамақ өнеркәсібінде көптеген пайдалы әсерлер береді. Алайда, ең жақсы әсер сублимациялық кептіру арқылы көрсетіледі. Мұздатып кептіруді қолдану, сиыр уызында ұнтақ түрінде болатын тағамдық компоненттерді, антиоксиданттарды, жасушаларды және ферменттерді тағамға қосу қиын. Кептіру арқылы сиыр уызының биоактивті қосылыстарын қорғаудың, тұрақтандырудың, ерігіштігінің және бақыланатын босатудың тамаша қасиеттері қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, кептірілген уызды

қолдану әсер ету тиімділігін арттырады, сиыр уызын тамақ өнеркәсібінде қолдану аясын кеңейтеді, азық-түліктің жарамдылық мерзімін ұзартады және азық-түлік құнын төмендетеді [8].

Азық-түлік өндірісінде сиыр уызын қолдану бойынша зерттеулер, олардың дайын өнімге әсері аз. Осыған байланысты сиыр уызын қайта өңдеу және уыз сүтін қолдана отырып ет және сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеу бойынша өндіріске енгізілген зерттеулердің жеткіліксіз саны байқалады, олардың құрамдас бөліктері адам денсаулығына оң әсер етеді [9].

Нутрацевтика және функционалды азық-түлік нарығы тұтынушылардың сұранысын қанағаттандыруға бағытталған айтарлықтай ілгерілеуді көрсетеді. Қазіргі уақытта адамдар жаңа және қауіпсіз тағамдық ингредиенттерді іздейді, олар тек қоректік заттардың көзі ғана емес, сонымен қатар олардың денсаулығына пайда әкеледі және әл-ауқатты қамтамасыз етеді. Бұл тұжырымдама тұтынушылардың назарын тағамдық биологиялық белсенді қосылыстарға, қоректік заттарға және функционалды тағамдарға аударады [10].

Әлеуеті жоғары бағаланбаған биологиялық белсенді тағамдардың бірі сиыр уызының әсерінен болады. Бұл әлемнің түкпір-түкпірінен келген ғалымдардың үлкен қызығушылығына ие. Сиыр сүті – бұл жаңа туған бұзауда пассивті иммунитет рөлін атқаратын, қорғанысқа кепілдік беретін және асқазан-ішек жүйесінің дамуына көмектесетін иммунологиялық агенттерге бай жем немесе қалыптан тыс сүт. Оның құрамы құрғақ заттарға, ақуыздарға, иммуноглобулиндерге, майларға және өсу факторларына бай, бұл оларды фармацевтикалық және тағамдық туындыларды жасауда қолдануға қызығушылық тудырады [11].

А.Г. Храмцов және басқалар сиыр уызының қорғаныш заттарына (бактерияға қарсы факторларға) зерттеу жүргізді. Олар уыз сүті жаңа туған бұзауларға ғана емес, балаларға, спортшыларға, қарт адамдарға, туберкулезбен, асқазан жарасымен және қант диабетімен ауыратындарға да пайдалы деп санайды. Уыз сүтінің құрамында микробқа қарсы және вирусқа қарсы қасиеттері бар лактоферрин, лактопероксидаза және лизоцимнің едәуір мөлшері бар екені белгілі. Лактопероксидаза бактериялардың көбеюін реттеу арқылы липосахаридтердің байланысуына әсер етеді, ал лактоферрин бірқатар грам-позитивті және теріс бактериялардың уытты қасиеттеріне, сондай-ақ вирусқа қарсы қасиеттерге ие, ал лизоцим иммундық жүйеге грам-позитивті бактериялардың пептидогликан компонентіне шабуыл жасап, бактериялық лизис тудырады. Оның микробқа қарсы, саңырауқұлаққа қарсы және уыз сүтінің вирусқа қарсы әсері E. coli, ротавирус және криптоспоридий сияқты кейбір патогендерді жоюға мүмкіндік береді. [12].

Сондықтан, мәселенің шешімі симменталь сиырларының уыз сүтінің физика-химиялық құрамын тамақ өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде өңдеу және алу технологиясын әзірлеу болып табылады [13,14]. Жалпы талаптар мемлекеттік стандарт бойынша келесі 1-кестеде келтірілген. 2-кестеде сиыр уызының дәрумендері көрсетілген.

Кесте 1

Сиыр уызының физикалық-химиялық талдау көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Бірінші сауылым	Екінші сауылым	Үшінші сауылым
1	2	3	4
Тығыздығы, А	53,4	43,74	33,62

1-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Үлес салмағы	1,056	1,040	1,035
pH	6,32	6,32	6,33
Құрғақ зат, %	23,9	17,9	14,1
Жалпы ақуыз, %	14,0	8,4	5,1
Казеин, %	4,8	4,3	3,8
Альбуминдер, %	0,9	1,1	0,9
Иммуноглобулиндер,%	6,0	4,2	2,4
Май,%	6,7	6,4	3,9
Лактоза, %	2,7	3,9	4,4
Күл %	1,11	0,95	0,87
Ca, %	0,26	0,15	0,15
Mg, %	0,04	0,01	0,01
K, %	0,14	0,13	0,14
Na, %	0,07	0,05	0,05

Кесте 2

Сиыр уызының дәрумендері

Дәрумендер	Бірінші сауылым	Екінші сауылым	Үшінші сауылым
A (ретинол), мкмоль/л	10,33	6,65	3,96
D (кальциферол), моль/л	4,53	3,38	2,23
E (токоферол), мкмоль/л	19,32	17,48	12,88
C (аскорбин қышқылы),	0,14	0,13	0,13
B1 (тиамин),мкмоль/л	1,72	1,71	1,75
B2 (рибофлавин)	1,92	2,22	2,52
B3 (пантоген қышқылы), мкмоль/л	7,79	11,09	14,40
B4 (холин), ммоль/л	5,74	2,79	1,89
B6 (пиридоксин), мкмоль/л	1,97	2,58	2,27
B12 (цианокобаламин)н моль/л	28,9	23,7	18,5
H (биотин), н моль/л	41,0	45,5	70,9

Зерттеу шарттары мен әдістері. Физикалық-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.

Зерттеу барысында қолданылатын негізгі физика-химиялық талдаулар төменде келтірілген:

– «Сүттің (шикілей)» МЕМСТ 3624-92. Анықтау әдістері титриметриялық қышқылдықтар;

– Radwag ma 60.3 у ылғал өлшегішінде уыздың ылғалдылығы анықталды;

– Белсенді 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 $см^{-1}$.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Уыз сүтінің технологиясын әзірлеу үшін әртүрлі мөлшерлері таңдалды [15]. Уыз алу үшін шикізат ретінде «Симменталь» сиыр уызы қолданылды. Сүттің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштері МЕМСТ 71167-2023 «Сиыр уызы (шикілей)» талаптарына сәйкес келді. Деректер 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш атаулары	Төлдегеннен кейін алынған уыз сүтінің нормасы		
	Бірінші күн	Екінші күн	Жетінші күн
Консистенция	Тығыз, қаймақ тәрізді		Тұнбасыз немесе қабыршақсыз біртекті сұйықтық
Түсі	Қоңыр-сарыдан сары-кремге дейін		
Дәмі	Тұзды-ащы		

Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, уыздың МЕМСТ-қа сәйкес келетіндігі және барлық талаптарға сай келетіндігі анықталды. Шикі, жаңа сүтті уыз сүтіндегі физика-химиялық көрсеткіштерді анықтау үшін талдаулар жүргізілді. Бақылау үлгісі ретінде қолданыстағы МЕМСТ-71167-2023 пайдаланылды. Зерттеу деректері 4 кестеде келтірілген.

Кесте 4

Уыздың салыстырмалы стандарт бойынша көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	Сүт МЕМСТ-31450-2013	Бақылау үлгісі «УЫЗ» Бірінші күн	Уыз МЕМСТ-71167-2023 Бірінші күн	Бақылау үлгісі «УЫЗ» Екінші күн	Бақылау үлгісі «УЫЗ» Үшінші күн	Уыз МЕМСТ-71167-2023 Үшінші күн
1	Қышқылдылы, °Т, артық емес	20-21	58	60	40	24	32
2	Құрғақ заттар, % кем емес	8,2	19,17	19,0	17,11	13,45	13,15
3	Ақуыз, % кем емес	3	13,34	12,0	7,54	3,98	3,55
4	Лактоза, % артық емес	4,6	5,54	-	4,48	4,51	-
5	Май, % кем емес	2,8	4,08	4,5	3,96	3,95	4,5

Кестеде келтірілген талдау деректері уыздың талаптарға сай екенін көрсетеді. Салыстырмалы сипаттама үшін сиыр сүті туралы мәліметтер қолданыстағы МЕМСТ 3624-92-қа сәйкес келтірілген. 5-кестеде қолданыстағы МЕМСТ-71167-2023 сәйкес бірінші және үшінші күні бақылау үлгісі ретінде алынған уыздың химиялық құрамына сілтемелер келтірілген. Алайда, зерттеу жұмысында сиырларды сауу күн сайын, 5 күн бойы жүргізілді. Деректер алғашқы үш күнде келтірілген, өйткені сауудың үшінші күнінен кейін уыздың химиялық құрамы сиыр сүтінің құрамына жақын болды және ғылыми құндылығы жоқ. Зерттеу барысында сүтпен салыстырғанда уыз сүтінде құрғақ заттардың мөлшері жоғары екендігі анықталды. Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, сүтпен салыстырғанда, жаңа

сауылған уыз сүтіндегі құрғақ заттардың мөлшері алғашқы тәулікте екі есе, ал ақуыз мөлшері 4 еседен асады. Алайда, үшінші күні уыз сүттің құрамына жақындайды, сондықтан оның құнды тағамдық қасиеттері де төмендейді. Келесі зерттеулерде бірінші және екінші күндік уызды тұтыну оңтайлы деген қорытынды жасауға болады. Одан әрі қарай зерттеу үшін уыз сүті 72-75°С температурада кем дегенде 20 секунд пастерленеді. Зертханалық жағдайда әрі қарай пастерленген уыздың негізгі көрсеткіштерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді.

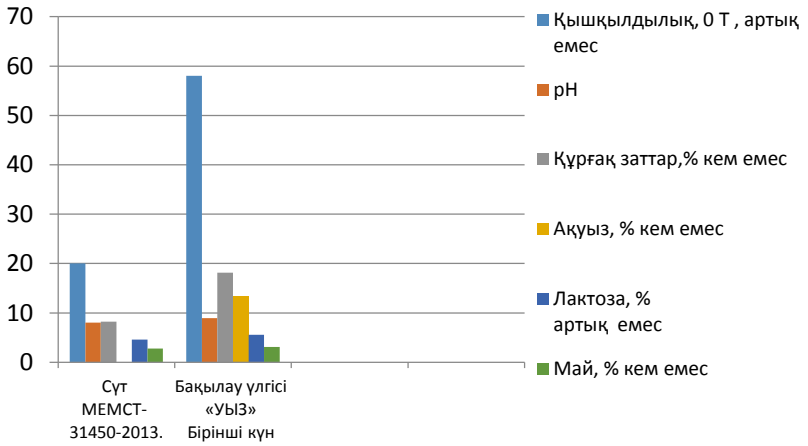
Кесте 5

Сиыр уызының физикалық-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	«Пастерлеуге дейін» УЫЗ Бірінші күн	«Пастерлеуден кейін» УЫЗ Бірінші күн	«Пастерлеуге дейін» УЫЗ Екінші күн	«Пастерлеуден кейін» УЫЗ Екінші күн	«Пастерлеуге дейін» УЫЗ Үшінші күн	«Пастерлеуден кейін» УЫЗ Үшінші күн
1	Қышқылдылық, °Т, артық емес	55	58	50	47	35	50
2	pH	4,92	4,55	6,41	4,35	6,49	4,59
3	Құрғақ заттар, % кем емес	19,17	19,20	18,80	18,88	13,04	14,0
4	Ақуыз, % кем емес	13,34	11,0	3,67	3,51	4,1	4,0
5	Май, % кем емес	4,08	5,0	3,95	3,41	3,55	3,25

Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, пастерлеу процесі уыздың сапасын төмендетпейтіні анықталды, бірақ сонымен бірге сақтау мерзімін арттырады. Жалпы, уыз сүті құнды ақуыздың көзі болып табылады және жүргізілген зерттеулер ақуыздың мөлшері сауудың үшінші күніне қарай баяу төмендейтінін дәлелдейді. Алғашқы екі күнде уыз сүті ең құнды биологиялық белсенділікке ие. Сиыр сүтіндегі ақуыздардың 75% құрайтын казеин биоактивті қасиеттерге ие, соның ішінде иммуномодельдеу және антиоксиданттық белсенділігі. Осы қасиеттерді ескере отырып, келесі жұмыстарда төлдегеннен кейінгі алғашқы 3 күнде алынған уызға терең зерттеу жүргізу жоспарлануда. 1-суретте сүт пен уыздың салыстырмалы сипаттамасы келтірілген .

Жұмыстың мақсаты симменталь сиырларының уыз сүтінің физика-химиялық құрамын тамақ өнімдерін өндіруге арналған шикізат ретінде зерттеу болып табылады. Суретте көрсетілгендей, уыздың сандық және сапалық мөлшері сиыр сүтінен едәуір асып түседі. Демек, уыз биологиялық белсенді қоспа ретінде қарастырылуы керек құнды өнім болып табылады, өйткені уызда болатын биоактивті компоненттер микробқа қарсы әсерге ие және асқазан-ішек жолындағы зақымдалған тіндердің қалпына келуіне ықпал етеді.



Сурет 1. Сүт пен уыздың бақылау үлгісі

Қорытынды. Осылайша, сиыр уызының физикалық-химиялық және биологиялық қасиеттері сиыр сүтінен айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл қасиеттерді одан әрі зерттеу ерекше ғылыми-практикалық қызығушылық тудырады, өйткені сиыр сүті макро- және микроэлементтер мен иммуномодуляторлардың бай көзі болып табылады. Сондықтан сиыр уызын адамның күнделікті тамақтануында биологиялық активті қоспалар (БАД) ретінде қолдану назар аударуға тұрарлық.

Әдебиеттер тізімі

1. Самбуров, Н. Молозиво коров его состав и биологические свойства [Текст] / Н. Самбуров, И. Палаус // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 59-61.
2. Симурзина, Е. Технология выпойки первых порций молозива новорожденным телятам [Текст] / Е. Симурзина, Р. Караулов // Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – 2023. – № 4. – С. 547-551.
3. Палиа, А. Встановлення бактеріального обсіменіння молозива корів з розробкою пристрою випоювання [Текст] / А. Палиа // Вестник Сумского национального аграрного университета. Серия: Животноводство. – 2020. – № 1 (40). – С. 72-81.
4. Сидоренко, С.В. Физико-химические свойства и состав молозива коров в зависимости от их возраста и уровня продуктивности [Текст] / С.В. Сидоренко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2010. – № 13. – С. 360-366.
5. Смолин С.Г. и др. Сравнительный анализ физико-химического состава молозива, полученного от коз зааненской породы и у коров черно-пестрой породы при содержании их на зооферме [Текст] / С.Г. Смолин и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2019. – № 10 (151). – С. 82-87.
6. Леонтьева, С.А. и др. Молозиво коров-перспективное сырье для производства пищевых продуктов [Текст] / С.А. Леонтьева и др. // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6. – № 2. – С. 23-33.
7. МакГрат Б.А. и др. Состав и свойства коровьего молозива: обзор [Текст] / Б.А. МакГрат // Молочная наука и технология. – 2016. – Т. 96. – С. 133-158.

8. Каскус, С. Иммуноглобулин в молозиве и здоровье новорожденных телят (обзор) [Текст] / С. Каскус, А. Фадлелмоула // Научный обзорный журнал. – 2015. – № 4. – С. 242–249.
9. Пуппель К., и др. Состав и факторы, влияющие на качество коровьего молозива: Животные [Текст] / К. Пуппель и др // Научный обзорный журнал. – 2019. – № 12. – С. 4-10.
10. Овчаренко, Э. Биологические свойства и использование молозива в животноводстве и медицине I. Физиолого-биологические аспекты обзор [Текст] / Э. Овчаренко // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 1. – С. 16-26.
11. Вестхофф, Т. Приглашенный обзор: Факторы питания и рациона, влияющие на выработку и состав молозива у молочных коров [Текст] / Т. Вестхофф, С. Борхардт, С. Манн // Научный журнал по молочным продуктам. – 2024. – № 1. – С. 24-27.
12. Марков, В. и др. Изменения в профиле жирных кислот и показателях здоровья молозива крупного рогатого скота в первые дни лактации и их влияние на здоровье человека [Текст] / В. Марков и др. // Пищевая химия. – 2024. – С. 139042.
13. Халавах, Т. и др. Влияние степени гидролиза на антиоксиданты с алкалазой и антигенные свойства гидролизатов белков сыворотки и молозива [Текст] / Т. Халавах и др. // Журнал сельскохозяйственных и пищевых исследований. – 2024. – Т. 15. – С. 100975.
14. Лоретц, О. и др. Физико-химические показатели коровьего молозива и молока при применении продуктов биотехнологического производства [Текст] / О. Лоретц и др. // Вестник биотехнологии. – 2018. – № 1. – С. 14-14.
15. Поборска, А. и др. Способы скармливания молозива и их влияние на пассивный иммунитет [Текст] / А. Поборска и др. // Ветеринарный центр Acta в Брно. – 2021. – Т. 90. – № 1. – С. 21-25.

Бұл жұмыс ИРН BR21882184 «Азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін тәуекелдерді басқару жөніндегі шаралар кешенін құру және биологиялық құндылығы жоғары ет-сүт өнімдерін әзірлеу» гранттық жоба аясында жүргізілді (2ПЦФ-МНВО/24).

Материал редакцияға 06.05.24 түсті.

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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МОЛОЗИВА КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. В представленной статье приведены результаты исследований качества молозива коров симментальской породы Акмолинской области. Коровье молозиво содержит значительное количество биологически активных веществ, что дает возможность использовать его в технологии продуктов функционального направления. В результате проведенных исследований установлено, что химический состав коровьего молозива зависит от времени, прошедшего с момента отелы коров. Определено, что содержание белка в молозиве, собранного в первый день после отела в три раза выше, чем в молозиве, собранном через 24 и 36 часов. Также,

установлено высокое содержание сухих веществ в молозиве 1 дня и 2 дня. Учитывая, широкий спектр биологически активных компонентов представляется возможным разработка специализированной пищевой продукции.

Ключевые слова: биологически активные добавки, молоко, молозиво, химический состав.

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

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

STUDY OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF COLOSTRUM OF SIMMENTAL COWS AS A RAW MATERIAL FOR FOOD PRODUCTION

Abstract. This article presents the results of research on the quality of milk of Simmental cows of Akmola region. Cow's colostrum contains a significant amount of biologically active substances, which makes it possible to use it in the technology of products of functional direction. As a result of the conducted researches it is established that chemical composition of cow's milk depends on the time elapsed from the moment of calving of cows. It was determined that the protein content in the colostrum collected on the first day after calving is three times higher than in the colostrum collected after 24 and 36 hours. Also, the content of solids in the milk of day 1 and day 2 was found to be high. Given the wide range of biologically active components, it is possible to develop specialised food products.

Keywords: biologically active additives, milk, colostrum, chemical composition.

References

1. Samburov N., Palaus I. Molozivo korov yego sostav i biologicheskiye svoystva [Colostrum of cows, its composition and biological properties] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 2014. No. 4. P. 59-61, [in Russian].
2. Simurzina Ye., Karaulov R. Tekhnologiya vypoyki pervykh portsiy moloziva novorozhdennym telyatam [Technology of feeding the first portions of colostrum to newborn calves] // Materialy vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Dnyu rossiyskoy nauki [Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science], 2023. No. 4. P. 547-551, [in Russian].
3. Palia A. Vstanovlennya bakteríal'nogo obsímenínnya moloziva korív z rozrobkoyu pristroyu vipoyuvannya [Establishment of bacterial contamination of colostrum of cows with a discrete attachment] // Vestnik Sumskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta. Seriya: Zhivotnovodstvo, 2020. No. 1 (40). P. 72-81, [in Russian].
4. Sidorenko S.V. Fiziko-khimicheskiye svoystva i sostav moloziva korov v zavisimosti ot ikh vozrasta i urovnya produktivnosti [Physico-chemical properties and composition of cows' colostrum depending on their age and level of productivity] // Aktual'nyye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva [Current problems of intensive development of livestock farming], 2010. No. 13. P. 360-366, [in Russian].
5. Smolin S.G. et al. Sravnitel'nyy analiz fiziko-khimicheskogo sostava moloziva, poluchennogo ot koz zaanenskoy porody i u korov cherno-pestroy porody pri soderzhanii ikh na zooferme [Comparative analysis of the physico-chemical composition of colostrum obtained from Saanen goats and black-and-white cows when kept on a zoo farm] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo

universiteta [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2019. No. 10 (151). P. 82-87, [in Russian].
6. Leont'yeva S.A. et al. Molozivo korov-perspektivnoye syr'ye dlya proizvodstva pishchevykh produktov [Colostrum from cows is a promising raw material for food production] // Industriya pitaniya [Food industry], 2021. Vol. 6, No. 2. P. 23-33, [in Russian].
7. MakGrat B.A. et al. Sostav i svoystva korov'yego moloziva: obzor [Composition and properties of cow colostrum: review] // Molochnaya nauka i tekhnologiya [Dairy Science and Technology], 2016. Vol. 96. P. 133-158, [in Russian].
8. Kaskus S., Fadlelmoula A. Immunoglobulin v molozive i zdorov'ye novorozhdennykh telyat (obzor) [Immunoglobulin in colostrum and the health of newborn calves] // Nauchnyy obzornyy zhurnal [Scientific review journal], 2015. No. 4. P. 242–249, [in Russian].
9. Puppel' K. et al. Sostav i faktory, vliyayushchiye na kachestvo korov'yego moloziva: Zhivotnyye [Composition and factors influencing the quality of bovine colostrum: Animals] // Nauchnyy obzornyy zhurnal [Scientific review journal], 2019. No. 12. P. 4-10, [in Russian].
10. Ovcharenko E. Biologicheskiye svoystva i ispol'zovaniye moloziva v zhivotnovodstve i meditsine I. Fiziologo-biologicheskiye aspekty obzor [Biological properties and use of colostrum in animal husbandry and medicine I. Physiological and biological aspects review] // Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh [Problems of biology of productive animals], 2012. No. 1. P. 16-26, [in Russian].
11. Vestkhoff T., Borkhardt S., Mann S. Priglashennyy obzor: Faktory pitaniya i ratsiona, vliyayushchiye na vyrabotku i sostav moloziva u molochnykh korov [Nutritional and dietary factors affecting the production and composition of colostrum in dairy cows] // Nauchnyy zhurnal po molochnym produktam [Scientific Journal of Dairy Products], 2024. No. 1. P. 24-27, [in Russian].
12. Markov V. et al. Izmeneniya v profile zhirnykh kislot i pokazatelyakh zdorov'ya moloziva krupnogo rogatogo skota v pervyye dni laktatsii i ikh vliyaniye na zdorov'ye cheloveka [Changes in the fatty acid profile and health indicators of cattle colostrum in the first days of lactation and their impact on human health] // Pishchevaya khimiya [Food chemistry], 2024. P. 139042, [in Russian].
13. Khalavakh T. et al. Vliyaniye stepeni gidroliza na antioksidanty s alkalazoy i antigennyye svoystva gidrolizatov belkov syvorotki i moloziva [The influence of the degree of hydrolysis on antioxidants with alcalase and the antigenic properties of whey and colostrum protein hydrolysates] // Zhurnal sel'skokhozyaystvennykh i pishchevykh issledovaniy [Journal of Agricultural and Food Research], 2024. Vol. 15. P. 100975, [in Russian].
14. Loretts O. et al. Fiziko-khimicheskiye pokazateli korov'yego moloziva i moloka pri primenenii produktov biotekhnologicheskogo proizvodstva [Physico-chemical indicators of bovine colostrum and milk when using biotechnological production products] / O. Loretts i dr. // Vestnik biotekhnologii [Bulletin of Biotechnology], 2018. No 1. P. 14-14, [in Russian].
15. Poborska A. et al. Sposoby skarmlivaniya moloziva i ikh vliyaniye na passivnyy immunitet [Methods of feeding colostrum and their effect on passive immunity] / A. Poborska i dr. // Veterinarnyy tsentr Acta v Brno [Acta Veterinary Center in Brno], 2021. Vol. 90, No. 1. P. 21-25, [in Russian].

ҒТАМР 65.53.30

Л.К. Сенгирбекова[1] – *негізгі автор*, ©
Л.С. Сыздықова[2], А.Н. Серикбаева[3], Г.Ш. Джумабекова[4]

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-0047-7381 [2]https://orcid.org/0000-0002-8953-6332*
[3]https://orcid.org/0000-0001-8252-1034 [4]https://orcid.org/0000-0002-6375-3128

[1,2,3]Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан
[4]Халықаралық инженерлік технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]laura_kalikulovna@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UHBJ9355

ӘРТҮРЛІ ЖАРМА ҚОСЫЛҒАН КӨКӨНІС ДӘМТАҒАМ КОНСЕРВІЛЕРІНІҢ МИКРОФЛОРАСЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Біздің планетамыздағы экологиялық жағдайдың нашарлауы және радионуклидтермен, улы химиялық қосылыстармен, биологиялық агенттермен, микроағзалармен тамақ өнімдерінің ластану деңгейі халықтың денсаулығының жағымсыз тенденцияларының өсуіне ықпал етеді. Көптеген елдерде ұлт денсаулығының негізгі факторларының бірі ретінде тамақтану құрылымы мен сапасын жақсартуға көбірек көңіл бөлінуде. Озық технологияларды енгізу және көкөніс дәмтағам консервілері өндірісінің көлемін ұлғайту, дайын өнімнің жеткілікті стерильділігін қамтамасыз ете отырып, жоғары температуралы зарарсыздандыру режимдерін төмендету мақсатында табиғи компоненттер негізінде жаңа консерванттарды пайдалану бойынша бірқатар шараларды жүзеге асыру қажет. XXI ғасыр дәуірінде ең перспективалы және дамып келе жатқан бағыт – тез тамақтандыру индустриясы. Қазіргі уақытта «жылдам дайындалатын» өнімдердің ассортиментін сүт, кондитерлік өнімдер, ет өнеркәсібі кәсіпорындары шығарады, бірақ көкөніс консервілері өндірісінде бұл өнімдердің спектрі өте аз және пісіру үшін қосымша құралдарды қажет етеді. Жеміс-көкөніс өнімдері витаминдердің, минералдардың, аминқышқылдарының, тағамдық талшықтардың және басқа да пайдалы заттардың маңызды көзі болып табылады. Оларды үнемі қолданған кезде метаболизм мен қан құрамы қалыпқа келеді, организм токсиндерден, канцерогендерден және улы заттардан тазартылады, жүрек-тамыр жүйесінің құрамы, ас қорыту жүйесінің қызметі жақсарады. Шетелдік тұтыну нарығында табиғи негіздегі консерванттар кеңінен қолданылады, ал Қазақстан нарығында бұл өнімдер даму сатысында. Консерванттың тиімділігі оның қоршаған ортаның pH концентрациясына, микрофлораның сапалық құрамына байланысты.

Консервант ретінде иодинол (қышқылда еритін және суда еритін) алынды. Оның ерітінділерін қолдану дайын өнімнің сақтау мерзімін ұзартуға, зарарсыздандыру режимін төмендетуге және дайын өнімдегі табиғи қасиеттерін сақтауға мүмкіндік береді

Тірек сөздер: консерванттар, иодинол, саңырауқұлақ, микроағзалар, хитозан, дилактин, лактоферрин, зеңдер.

Сенгирбекова, Л.К. Әртүрлі жарма қосылған көкөніс дәмтағам консервілерінің микрофлорасын зерттеу [Мәтін] / Л.К. Сенгирбекова, Л.С. Сыздықова, А.Н. Серикбаева, Г.Ш. Джумабекова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.64-72. https://doi.org/10.55956/UHBJ9355

Кіріспе. Қазіргі уақытта нормативтік құжаттаманың, мемлекеттік стандарттардың талаптарын сақтай отырып, жасанды химиялық қоспаларды консерванттар ретінде пайдаланбай және тұтынушының сұранысына сәйкес табиғи компоненттерді қолдана отырып өнім шығару мәселесі өткір тұр. Дәстүрлі консерванттарды – сірке қышқылы мен оның тұздарын, бензой қышқылын және оның натрий тұзын, пропион қышқылын және оның кальций тұзын, парабендерді, сульфиттерді, күкіртті ангидридті, нитраттар мен нитриттерді, низин препараттарын, дегидрацет қышқылы мен оның натрий тұзын, сорбин қышқылын және оның натрий мен калий тұздарын, низаплинді қолдана отырып консервілеу үнемді, бірақ сонымен бірге кемшілігі бар – кейбір жағдайларда қосымша термиялық өңдеу қажет, бұл қоректік заттардың, дәрумендердің, пектиндік заттардың, макро- және микроэлементтердің құрамын азайтады. Жаңа дәстүрлі емес технологияларды игеру ғылыми-техникалық прогрестің ажырамас элементі болып табылады. Осыған байланысты тамақ өнімдерін өндіру технологияларын жетілдіру қажеттілігі өзекті болды. Азық-түлік өнімдерінің бүлінуі олардың сапасының төмендеуіне, органолептикалық қасиеттерінің жақсаруына, зиянды және денсаулыққа қауіпті қосылыстардың жиналуына, сақтау мерзімінің күрт қысқаруына әкеледі. Нәтижесінде өнім жарамсыз болады [1].

Микроағзалар шабуылдаған және құрамында токсиндер бар бүлінген тағамдарды жеу ауыр улануға, кейде өлімге әкелуі мүмкін. Тірі микроағзалар адам ағзасына тамақ арқылы еніп, ауыр ауруларға әкелуі мүмкін. Дайын өнімдердегі азық-түлік шикізатының бұзылуы үлкен экономикалық шығындарға әкеледі. Сондықтан тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету, оларды сақтау мерзімін ұлғайту, шығындарды азайту үлкен әлеуметтік және экономикалық маңызға ие. Консервілеу өнеркәсібінде микробиологиялық бұзылулармен күресудің негізгі әдісі термиялық зарарсыздандыру болып табылады. Бұл жағдайда өнімнің өзінде қайталанбайтын процестер жүреді, бұл оның табиғи қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі: дәрумендер мен басқа биологиялық белсенді заттардың мөлшері азаяды, сонымен қатар дайын өнім сапасының органолептикалық көрсеткіштерін нашарлататын бастапқы шикізатқа тән емес заттар жиналады.

Консервіленген өнімге термиялық әсер ету дәрежесін төмендету жолдарының бірі консерванттар – микроағзалардың тіршілік әрекетін тежейтін және олардың ішінара өлуіне себеп болатын заттарды қолдану болып табылады. Консерванттарды қолдану консервілеу кезінде өнімдерді термиялық өңдеу параметрлерін төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар зарарсыздандырылмаған өнімдердің сақтау мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді [2].

Консерванттар – бұл өнімдердің жарамдылық мерзімін ұзартатын, оларды микроағзалар (бактериялар, зеңдер, ашытқылар) тудыратын бұзылудан сақтайтын заттар, олардың ішінде патогенді микроағзалар болуы мүмкін. Белгілі бір консерванттың микробқа қарсы әсер ету спектрі зеңдерге, ашытқыларға, бактерияларға қатысты бірдей емес, яғни ол тамақ өнімдерінің микробиологиялық бұзылуларының ықтимал қоздырғыштарының барлық спектріне қарсы тиімді бола алмайды. Кейбір әсері төмен консерванттар кейбір бактерияларға қарсы өте тиімді емес. Консерванттың тиімділігі оның концентрациясымен тығыз байланысты, оны микроағзалардың көбеюінің бастапқы (сызықтық) кезеңінде қолдану керек, бұл оны қолдану дозасын азайтуға мүмкіндік береді және қазірдің өзінде бұзылған өнімдердің жаңа

піскен күйінің елесін тудырмайды. [3,4]. Өндірістік гигиена бұзылған немесе антисанитарлық жағдайда өнімдер өндірілген кезде консерванттарды қолдануға жол берілмейтінін атап өткен жөн. Консерванттар қоспасын пайдалану мыналарға мүмкіндік береді:

- әрекет спектрін кеңейту;
- жеке консерванттар концентрациясын төмендету;
- микробқа қарсы әсерді күшейту;
- жанама әсерлердің ықтималдығын азайту;
- экономикалық нәтиже алу.

Кейде консерванттар физикалық консервілеу әдістерімен (қызу, кептіру, төмен температура, сәулелендіру) бірге қолданылады, бұл энергия шығындарын үнемдеуге әкеледі. Консервант таңдау кезінде кейбір жалпы ережелерді сақтау керек [5].

Консервант кең ауқымды әсер ету спектріне ие болуы керек: берілген тағам жүйесіндегі микроағзаларға қарсы тиімді болуы; бүкіл сақтау мерзімі ішінде өнімде қалады; токсиндердің түзілуін баяулатады; тағамдық өнімнің органолептикалық қасиеттеріне әсер етпеу; технологиялық тұрғыдан жетілдірілген болуы (пайдалануға оңай), арзан болуы керек. Консервант физиологиялық қауіпті, тәуелділік тудырмауы, тағамдық жүйенің құрамдас бөліктерімен әрекеттесуі, технологиялық ағым кезінде экологиялық және токсикологиялық проблемаларды тудырмауы немесе тамақ өнімдерін өндіру кезінде осы технологияда қарастырылған микробиологиялық процестерге әсер етпеуі керек. Тек тиісті рұқсаты бар консерванттарды қолдануға болады. Қауіпті микроағзалар әртүрлі жағдайларда консервіленген көкөніс дәмтағамдарына түсуі мүмкін. Ол тікелей шикізатты қабылдаудан дайын өнімді қабылдауға дейінгі технологиялық процесс санитарлық-гигиеналық жағдайдың нашарлығына байланысты. Ақпараттық және патенттік әдебиеттерді талдау мұндай агенттердің ішінде мыналар ерекше назар аудартатынын көрсетеді: йодофор (иодинол), дилактиндер, лактоферрин және хитозан [6,7].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу барысында «Таза сумен жуылған сәбіз», «Йодинол консервантымен жуылған сәбіз», «Таза сумен жуылған қызанақ», «Йодинол консервантымен жуылған қызанақ» бақылау үлгілері қолданылды. АҚ «АТУ» «Тамақ қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтында» көкөніс дәмтағам консервілерінің қауіпсіздік көрсеткіштеріне зерттеу жүргізілді.

Берілген жұмыста йодинолмен өңделген шикізаттың кейбір биологиялық белсенді заттарының қауіпсіздігі зерттелді. Зерттеу объектілері шикізаттың келесі түрлері болды: сәбіз, қызанақ. Шикізат 1-3 минут ішінде 1 $дм^3$ белсенді йодқа 100-200 мг концентрациясы бар йодофорлардың сулы ерітінділерімен өңделді. Зерттеуде сәбіз және қызанақтарда микроағзалардың өсуін тежеу үшін шикізатты алғаннан кейін жуу процесінде йодинолдың белгілі бір концентрациясымен жуылды. Үлгілерді зерттеу кезінде алынған микробиологиялық көрсеткіштер бойынша зерттеулер (КМАФАнМ КОЕ ($см^3$), «МЕМСТ 30425-97», зеңдер ҚҚБ/г – МЕМСТ 10444.12-2013, физикалық-химиялық көрсеткіштерінен: пестицидтер және оның метаболиттері – MU 2142-80, ГХЦГ, ДДТ бойынша жүргізілді [8,9].

Бұл жұмыстың мақсаты – көкөніс дәмтағам консервілерінің құрамына қосылатын тамыржемістілерді тиімді жолмен өңдеу арқылы құрамындағы микроағзалар мөлшерін жою және сақтау уақытын ұзарту.

Зерттеу нәтижелері. Біз микробқа қарсы әсері кең, соматикалық жасушаларға уытты емес, сақтау тұрақтылығы бар ІСМ йоддинол – құрамында йод бар антисептиктерді қолдандық. Жүргізілген жұмыстар осы препараттардың жақсы бактерицидтік және фунгицидтік әсерін және өсімдік материалдарының сақтау мерзімін едәуір ұзарту мүмкіндігін көрсетті. Осыған байланысты йодинолмен өңделген шикізаттың кейбір биологиялық белсенді заттарының қауіпсіздігі зерттелді. Ол келесі кестеде көрсетілген.

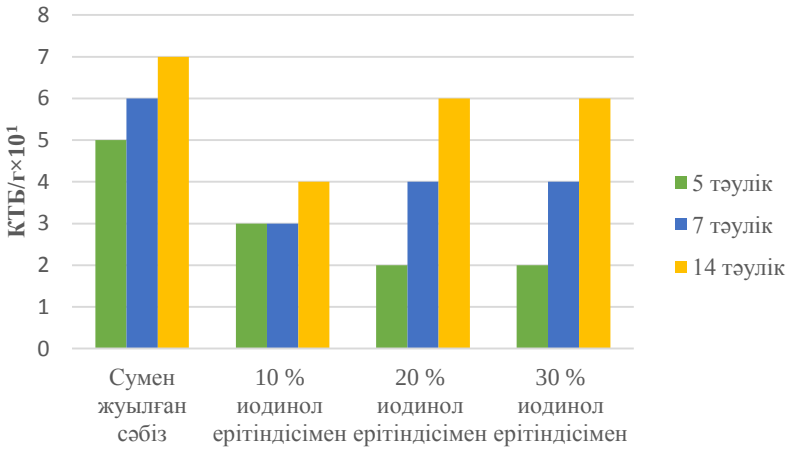
Кесте 1

Шикізатты жуу кезінде қолданылатын йодинолдың концентрациясы

Шикізаттың аталуы	Өңделетін шикізаттың мөлшері, кг	Иодинол концентрациясы, %	Ерітінді көлемі, л	Өңдеу уақыты, мин
Көкөністер (қызанақ, сәбіз)	100	0,1-0,2	70	1-3

Кестеде иодинолдың 100 кг өнімге сумен араласқан концентрациясы көрсетілген. Біз зерттеу барысында 10%, 20%, 30% концентрацияда жуылған көкөністердің құрамындағы микроағзалар өзгерісін анықтадық.

Шикізатты консервант йодинолмен жуғаннан кейін оның сақтау мерзімі айтарлықтай өзгерді. Томенде суретте көрсетілгендей иодинолмен жуылған сәбіздің (1-сурет) және қызанақтың (2-сурет) бөлме температурасында сақтау мерзімі артып, құрамындағы микроағзалар мөлшері толығымен жойылды [10].



Сурет 1. Әртүрлі пайыздағы иодинол ерітіндісімен жуылған сәбіздің МАжФАМС көрсеткіштеріне әсері

Суретте түрлі концентрациядағы иодинол ерітіндісімен жуылған сәбіздің 14 тәулікке дейін сақталғандығын байқауға болады. Демек қарапайым суға қарағанда иодинол ерітіндісімен жуылған сәбіз ұзаққа сақталады және одан дайындалған көкөніс дәмтағам консервілері де стерильденбей сақтау ұзақтығын арттырады деген сөз.



Сурет 2. Қызанақты әртүрлі пайыздағы иодинол ерітіндісімен жуған кездегі МАжФАМС көрсеткіштеріне әсері

Суретте түрлі концентрациядағы иодинол ерітіндісімен жуылған қызанақтың 14 тәулікке дейін сақталғандығын байқауға болады. Демек қарапайым суға қарағанда иодинол ерітіндісімен жуылған қызанақ ұзаққа сақталады және одан дайындалған көкөніс дәмтағам консервілері де стерильденбей сақтау ұзақтығын арттырады деген сөз.

Келесі кестелерде иодинолмен жуылған қызанақтың (2-кесте) және сәбіздің (3-кесте) қауіпсіздік көрсеткіштері: пестицидтер және оның метаболиттері – MU 2142-80, ГХЦГ, ДДТ бойынша анықталып құрамдық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 2

Әртүрлі пайыздағы иодинол ерітіндісімен жуылған қызанақтың қауіпсіздік көрсеткіштері

№	Атауы	Сумен жуылған сәбіз	10% иодинол ерітіндісімен	20% иодинол ерітіндісімен	30% иодинол ерітіндісімен
1	Пестицидтер, мг/кг, көп емес: ГХЦГ (α, β, γ – изомерлер)	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
2	ДДТ және оның метаболиттері	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
3	Микробиологиялық көрсеткіштер: Зеңдер, КТБ/г	1Х101	Табылмады	Табылмады	Табылмады

2-3-кестеде көрсетілгендей иодинолмен жуылған сәбіз бен қызанақтың құрамында пестицидтер, зең саңырауқұлақтары, ДДТ және оның метоболиттері табылмады. Бұл оның қауіпсіздік көрсеткіштерінің талапқа сай екендігінің дәлелі.

Кесте 3

Әртүрлі пайыздағы иодинол ерітіндісімен жуылған сәбіздің қауіпсіздік көрсеткіштері

№	Атауы	Сумен жуылған сәбіз	10% иодинол ерітіндісімен	20% иодинол ерітіндісімен	30% иодинол ерітіндісімен
1	Пестицидтер, мг/кг, көп емес: ГХЦГ (α, β, γ – изомерлер)	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
2	ДДТ және оның метаболиттері	Табылмады	Табылмады	Табылмады	Табылмады
3	Микробиологиялық көрсеткіштер: Зеңдер, КТБ/г	2Х101	Табылмады	Табылмады	Табылмады

Ғылыми нәтижелерді талқылау. Диаграммада көрсетілгендей көкөніс консервілерінде қолданылатын көкөністердің (сәбіз, қызанақ) сақтау мерзімі консерванттың әсерінен ұзартылды. Бұл көкөніс дәмтағам консервілерінің де жарамдылық мерзімін ұзартады. Зерттеулер көрсеткендей, көкөністерді иодинолмен өңдегеннен кейін негізгі сапа көрсеткіштері өзгермеді. Кейбір биологиялық заттардың сақталуы көкөніс дәмтағам консервілерінің сақтау мерзімін ұзарту мақсатында көкөністерді өңдеу үшін белсенді йодтың дм^3 100-200 мг концентрациясында ИКМ және йодинолды тәжірибелік қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді [11].

Қорытынды. Зерттеу барысында көкөніс дәмтағам консервілеріне қосылатын шикізаттардың ішінде микроағзалар топырақ арқылы көп шоғырланатын сәбіз бен қызанаққа талдау жасалды. Оларды өндірісте қарапайым сумен жуу барысында сақталып калатын жоғары споралы микроағзаларын жою мақсатында белгілі концентрацияда сумен араласқан иодинол консервантымен алмастырылды. Бақылау үлгісі мен иодинол ерітіндісі арқылы жуылған көкөністердің сақтау мерзімі және құрамындағы микроағзаларінің мөлшерінің жойылғандығы кестелер арқылы көрсетілді. Иодинол экономикалық жағынан тиімді әрі адам ағзасына зиянсыз консервант. Консервант ерітіндісімен жуылған көкөністер өзінің сапа көрсеткіштерін сақтай білді. Жалпы алынған нәтижелер бойынша көкөністерді алынған концентрациядағы иодинол ерітіндісімен жуу тиімді нәтиже болып табылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Сенгирбекова, Л.К. Особенности производства овощных закусочных консервов [Текст] / Л.К. Сенгирбекова, К. Бижанова, Л.С. Сыздыкова // Наука. ОБРАЗОВАНИЕ. Материалы Республиканской научно-практической конференции «Молодежь». – Алматы, 2019. – С. 26.
2. Сенгирбекова, Л.К. Рецепты овощных консервов с различными крупами [Текст] / Л.К. Сенгирбекова, К. Бижанова, Л.С. Сыздыкова // Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы эффективности научных исследований и пути их решения». – Волгоград, Россия, 2020. – С. 63.
3. Шикина, М.А. Микробиологические характеристики как критический фактор оценки безопасности производства мясных стерилизованных консервов в системе ХАССП [Текст]: дис. / Шикина М.А. – Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. ВМ Горбатова РАСХН, 2007.

4. Мегердичев, Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различны видов консервирования [Текст] / Е.Я. Мегердичев. – Россельхозакадемия, 2003. – 91 с.
5. Подлесный, А.И. Консерванты в плодоовощной промышленности [Текст] / А.И. Подлесный, В.А. Ломачинский, О.И. Квасенков // Пищевая промышленность. – 2006. – № 2. – С. 54-55.
6. Смирнова, Т.Н. Влияние иодосодержащих консервантов на биологически активные компоненты сырья [Текст] / Т.Н. Смирнова // III Тезисы докладов всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Технологические способы обработки и консервирования овощной продукции». – Москва: ВНИИКОП, 1988.
7. Barnokhon Sattarova, Saidmakhammadjon Jorayev Safety criteria for canned vegetables // Open Access Repository, 2023. Vol. 4, No. 2. P. 109–117.
8. ГОСТ 30425-97. Консервы. Метод определения промышленной стерильности [Текст]. – Введ. 01.01.1998. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
9. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов [Текст]. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 10 с.
10. Аманов, М.А. Способ приготовления обеденных консервов [Текст] / М.А. Аманов, З.К. Конарбаева, Ш.Н. Зарпуллаев // Предварительный Патент РК №15234. 2005. МПК: A23L 1/214.
11. Паутов, Н.А. Автоклав для стерилизации консервов [Текст] / Н.А. Паутов // Предварительный Патент РК №10609. 2001. МПК: A23L 3/00.

Материал редакцияға 18.05.24 түсті.

Л.К. Сенгирбекова[1], Л.С. Сыздыкова[1], А.Н. Серикбаева[1], Г.Ш. Джумабекова[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Международный университет инженерии и технологий, г. Алматы, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ ОВОЩНЫХ КОНСЕРВОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КРУПАМИ

Аннотация. Ухудшение экологической обстановки на нашей планете и уровень загрязнения пищевых продуктов радионуклидами, токсичными химическими соединениями, биологическими агентами, микроорганизмами способствуют росту негативных тенденций в здоровье населения. Во многих странах все больше внимания уделяется улучшению структуры и качества питания как одному из основных факторов здоровья нации. В целях внедрения передовых технологий и увеличения объемов производства овощных вкусовых консервов, снижения высокотемпературных режимов стерилизации с обеспечением достаточной стерильности готовой продукции необходимо осуществить ряд мер по использованию новых консервантов на основе натуральных компонентов. Наиболее перспективным и развивающимся направлением в эпоху XXI века является индустрия быстрого питания. В настоящее время ассортимент продукции «быстрого приготовления» выпускают предприятия молочной, кондитерской, мясной промышленности, но при производстве овощных консервов спектр этих продуктов очень мал и требует дополнительных средств для приготовления пищи. Фруктовые и овощные продукты являются важным источником витаминов, минералов, аминокислот, пищевых волокон и других полезных веществ. При их регулярном употреблении нормализуется обмен веществ и состав крови, организм очищается от токсинов, канцерогенов и токсических веществ, улучшается состав сердечно-сосудистой системы, функции пищеварительной системы. На зарубежном потребительском рынке широко используются консерванты на натуральной основе,

а на казахстанском рынке эти продукты находятся на стадии развития. Эффективность консерванта зависит от его концентрации pH окружающей среды, качественного состава микрофлоры.

В качестве консерванта получен иодинол (растворимый в кислоте и водорастворимый). Применение его растворов позволяет продлить срок хранения готового продукта, снизить режим стерилизации и сохранить природные свойства готового продукта.

Ключевые слова: консерванты, йодинол, грибы, микроорганизмы, хитозан, дилактин, лактоферрин, плесень.

L.K. Sengirbekova[1], L.S. Syzdykova[1], A.N. Serikbaeva[1], G.Sh. Dzhumabekova[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF MICROFLORA OF CANNED VEGETABLES WITH DIFFERENT CEREALS

Abstract. The deterioration of the ecological situation on our planet and the level of contamination of food products with radionuclides, toxic chemical compounds, biological agents, and microorganisms contribute to the growth of negative trends in public health. In many countries, more and more attention is being paid to improving the structure and quality of nutrition as one of the main factors of national health. In order to introduce advanced technologies and increase the production of canned vegetable flavors, reduce high-temperature sterilization regimes with sufficient sterility of finished products, it is necessary to implement a number of measures to use new preservatives based on natural ingredients. The most promising and developing direction in the era of the XXI century is the fast food industry. Currently, the range of "fast food" products is produced by enterprises of the dairy, confectionery, and meat industries, but in the production of canned vegetables, the range of these products is very small and requires additional funds for cooking. Fruit and vegetable products are an important source of vitamins, minerals, amino acids, dietary fiber and other useful substances. With their regular use, metabolism and blood composition are normalized, the body is cleansed of toxins, carcinogens and toxic substances, the composition of the cardiovascular system and the functions of the digestive system are improved. Natural preservatives are widely used in the foreign consumer market, and these products are under development in the Kazakh market. The effectiveness of a preservative depends on its concentration, the pH of the environment, and the qualitative composition of the microflora.

As a preservative iodinol (acid-soluble and water-soluble) was obtained. The use of its solutions allows to extend the shelf life of the finished product, reduce the sterilization regime and preserve the natural properties of the finished product.

Keywords: preservatives, iodinol, fungi, microorganisms, chitosan, dilactin, lactoferrin, mold.

References

1. Sengirbekova L.K., Bizhanova K., Syzdykova L.S. Osobennosti proizvodstva ovoshchnykh zakusochnykh konservov [Features of the production of canned vegetable food] // Nauka. OBRAZOVANIYe. Materialy Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Molodezh'» [Science. EDUCATION. Materials of the Republican Scientific and Practical Conference “Youth”]. – Almaty, 2019. – P. 26, [in Russian].
2. Sengirbekova L.K., Bizhanova K., Syzdykova L.S. Retsepty ovoshchnykh konservov s razlichnymi krupami [Recipes for canned vegetables with various cereals] // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Fundamental'nyye i

prikladnyye problemy effektivnosti nauchnykh issledovaniy i puti ikh resheniya» [International scientific and practical conference “Fundamental and applied problems of the effectiveness of scientific research and ways to solve them.”]. – Volgograd, Russia, 2020. – P. 63, [in Russian].

3. Shikina M.A. Mikrobiologicheskiye kharakteristiki kak kriticheskiy faktor otsenki bezopasnosti proizvodstva myasnykh sterilizovannykh konservov v sisteme KHASSP [Microbiological characteristics as a critical factor in assessing the safety of the production of sterilized canned meat in the HACCP system]: dissertation. – All-Russian Research Institute of Meat Industry named after. VM Gorbatov RAASKhN RASKHN, 2007, [in Russian].
4. Megerdichev Ye.YA. Tekhnologicheskiye trebovaniya k sortam ovoshchnykh i plodovykh kul'tur, prednaznachennym dlya razlichny vidov konservirovaniya [Technological requirements for varieties of vegetable and fruit crops intended for various types of canning]. – Russian Agricultural Academy, 2003. – 91 p., [in Russian].
5. Podlesnyy, A.I., Lomachinskiy V.A., Kvasenkov O.I. Konservanty v plodoovoshchnoy promyshlennosti [Preservatives in the fruit and vegetable industry] / Pishchevaya promyshlennost' [Food industry], 2006. No. 2. P. 54-55, [in Russian].
6. Smirnova T.N. Vliyaniye iodosoderzhashchikh konservantov na biologicheski aktivnyye komponenty syr'ya [The influence of iodine-containing preservatives on biologically active components of raw materials] // III Tezisy dokladov vsesoyuznoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Tekhnologicheskiye sposoby obrabotki i konservirovaniya ovoshchnoy produktsii» [III Abstracts of the All-Union Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists “Technological Methods for Processing and Preserving Vegetable Products.”]. – Moscow: VNIIKOP, 1988, [in Russian].
7. Barnokhon Sattarova, Saidmakhammadjon Jorayev Safety criteria for canned vegetables // Open Access Repository, 2023. Vol. 4, No. 2. P. 109–117, [in Russian].
8. GOST 30425-97. Konservy. Metod opredeleniya promyshlennoy steril'nosti [Method for determining industrial sterility]. – Introduced. 01.01.1998. – Moscow: Standartinform, 2011. – 14 p., [in Russian].
9. GOST 10444.12-2013 Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva drozhzhey i plesnevykh gribov [Microbiology of food products and animal feed. Methods for identifying and counting the number of yeasts and molds]. – Introduced. 01.07.2015. – Moscow: Standartinform, 2014. – 10 p., [in Russian].
10. Amanov M.A. Konarbayeva Z.K., Zarpullayev SH.N.Sposob prigotovleniya obedennykh konservov [Method for preparing canned lunches] // Preliminary Patent of the Republic of Kazakhstan No. 15234. 2005. IPC: A23L 1/214, [in Russian].
11. Pautov N.A. Avtoklav dlya sterilizatsii konservov [Autoclave for sterilization of canned food] // Preliminary Patent of the Republic of Kazakhstan No. 10609. 2001. IPC: A23L 3/00, [in Russian].

IRSTI 65.65.03

A.E. Otunshiyeva[1] – *main author*,
S.A. Bolegenova[2], S.S. Vetokhin[3],
S.A. Lamotkin[4], A.K. Tulekbaeva[5]

[1]*PhD student*, [2]*Doctor of Physics and Mathematics, Professor*,
[3]*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor*,
[4]*PhD, Associate Professor*, [5]*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-5446-0227* [2]*https://orcid.org/0000-0001-5001-7773*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-8613-731X* [4]*https://orcid.org/0000-0001-6620-8734*
[5]*https://orcid.org/0000-0002-4680-6216*

[1,2]*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*
[3,4]*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus*
[5]*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

@ [1]*03.08.1990.43@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XSIA3662

DEVELOPMENT OF NEW TYPES OF VEGETABLE OIL BLENDS WITH BALANCED FATTY ACID COMPOSITION ON THE BASIS OF KAZAKHSTAN COTTON OIL AND BELARUSIAN LINSEED OIL

Abstract. The article presents the results of research on the development of new types of vegetable oils, based on the combination of oils with higher content of such acids as linolenic and lenolic acids with oils in which these contents are lower. It has been established that the content of linoleic acid in cotton oil exceeds all other oils practically twice, and linseed oil in the content of α-linolenic acid practically 50 times. Consequently, the optimal fatty acid composition is a blend of cotton and linseed oils in ratios of 5:1 and 10:1. Such ratio allows to balance the blend by ω-3 and ω-6 acids, as well as to reduce the oxidizing ability of vegetable oils, affecting the shelf life of the final product.

Keywords: cottonseed oil, linoleic acid, blended vegetable oils, linseed oil, edible vegetable oils, linolenic acid, polyunsaturated fatty acids.

Otunshiyeva A.E., Bolegenova S.A., Vetokhin S.S., Lamotkin S.A., Tulekbaeva A.K. Development of new types of vegetable oil blends with balanced fatty acid composition on the basis of kazakh cotton oil and belarusian linseed oil // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.73-80. https://doi.org/10.55956/XSIA3662

Introduction. The introduction of effective physiological regulators of biochemical processes in the human diet is becoming increasingly important nowadays. There are many nutrients among them that are necessary for normal development and functioning of the organism, the composition of which should be adjusted depending on sex, age, condition (pregnancy, lactation, diseases, gerontology, etc.) [1].

Wide medical and hygienic studies of diets of various population groups [2,3] have shown a significant imbalance of the main components, including low consumption of polyunsaturated fatty acids (PUFA) that are a part of the

phospholipids of cell membranes, where they participate in the regulation of impulse transmission from receptors. Their proper concentration triggers the synthesis of some hormones, such as eicosanoids, that are in charge of immune responses at the cellular level [4-6]. Increasing the share of PUFAs in the diet reduces the concentration of soft cholesterol in biological fluids and thus the risk of cholesterol deposits in blood vessels.

Bringing PUFAs consumption to the acceptable level is an important factor in supporting healthy lifestyle and preventing the growth of chronic non-infectious diseases among the population [2,3,7]. is to Enriching the traditional food with ω-3 and ω-6 polyunsaturated fatty acids is among of the ways to achieve this goal.

PUFAs of the ω-3 family are represented at Figure 1 over the example of α-linolenic acid; PUFAs of the ω-6 family are shown at Figure 2 through the example of linoleic acid.

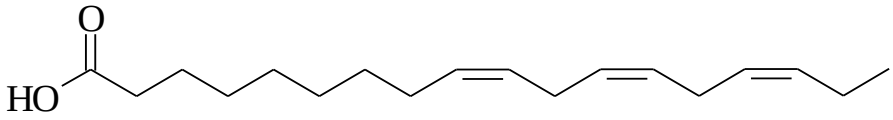


Fig. 1. Alpha-linolenic acid

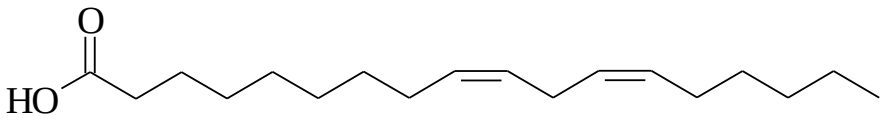


Fig. 2. Linoleic acid

Alpha-linolenic acid (C18:3, ω-3), from which cells synthesize long-chain PUFAs like eicosatetraenoic acid (C20:5, ω-3) and docosahexaenoic acid (C22:6, ω-3), is among the most important polyunsaturated fatty acids of the ω-3 class. However, the productivity of synthesis of these acids is insufficient, and with age it is significantly reduced or completely lost. This requires their supplementation to obtain a balance.

On the other hand, essential linoleic acid (C18:2, ω-6), which can be converted in the body to arachidonic acid (C20:4, ω-6), is found in cell membranes at a 10-fold ratio to α-linolenic acid. Almost all the vegetable oils (coconut oil is the exception) contain linoleic acid in their formulas. It is also produced as a dietary supplement in capsule form.

It is equally important when formulating the diet to take into account that the chain elongation and desaturation reactions of ω-3 and ω-6 fatty acids are catalyzed by the same enzymes, i.e. the fatty acids are the competitors. Such competition results in excess of fatty acids from one family by inhibition the synthesis of the corresponding acid from the other family, which emphasizes the need for a balanced composition of omega-3 and omega-6 PUFAs in the diet, because the synthesis of longer molecules can't improve the balance.

Among natural sources of polyunsaturated fatty acids, first of all, we should mention almost all common nuts and pumpkin seeds, sunflower seeds, legumes, including peanuts, vegetable oils, fish oil and fish of fatty and semi-fatty species (salmon, mackerel, herring, sardines, mackerel, trout, tuna and others), cod liver and shellfish [8]. However, the ratio of ω-3 and ω-6 fatty acids in them is usually

far from optimum [9-12]. This requires to blend the edible vegetable oils to increase the proportion of the desired lipids in the final product to reach the desirable amount of ω-3 and ω-6 PUFAs [3,9,10].

In the connection with the above mentioned, the aim of the present work was to study the fatty acid composition of various types of vegetable oils and to develop on the basis of this analysis the composition of a new type of blend with the optimal ratio of ω-3 and ω-6 polyunsaturated fatty acids with the assessment of oxidative stability of the final product during storage.

Materials and methods. As the objects of research there were chosen:

- *sample No.1* – cotton refined deodorised oil, isolated from cotton seeds by Kazakhstani producer JSC "Shymkentmai", as the most widespread in the southern regions of Kazakhstan;

- *sample No. 2* – linseed oil, extracted from flax seeds, differing from other types of oils, high content of ω-3 PUFAs, produced in Belarus;

- *sample No.3* – corn oil extracted from corn seeds, also produced in Belarus;

- *sample No.4* – rapeseed oil, produced in Belarus, which is extracted from black rapeseed seeds.

Of all the listed types of vegetable oil, linseed oil is referred to the little studied oils in our country, because in industrial scale, it grows in the Republic of Belarus. Corn and rapeseed oil are rich with ω-6 polyunsaturated fatty acids.

The study of fatty acid composition of vegetable oils of selected samples was carried out by a gas chromotograph "Chromatek Crystal-5000" using the method of gas-liquid chromatography. The device "Chromatek Crystal-5000" is equipped with a flame ionisation detector (FID), a quartz capillary column with a diameter of 0.25 mm and a length of 100 m, with the applied phase – cyanopropyl phenyl polysiloxane. Nitrogen was used as the gas. The volume of the injected sample was 1 µl. The method of measurements corresponded to GOST 30418-96 [11]. Preparation of fatty acid methyl esters was carried out in accordance with GOST 31665-2012 [12].

The following temperature regimes were used for measurements. Prior to analysis the column thermostat had an initial temperature of 140°C and was heated at this level for 4 minutes. The temperature was then programmatically increased at a rate of 3°C/min to 180°C and maintained for 40 minutes. Further, the temperature was increased at a rate of 3°C/min to 240°C. The isothermal regime was maintained for 25 minutes.

Chromatograph calibration and subsequent identification were carried out by Restek 35077 and Restek 35079 environmental fatty acid mixtures, FAME Mix, Supelco 37-component fatty acid methyl esters standard mixture, and literature data on retention indices.

Sample preparation: vegetable oil samples were weighed 0.1±0.002 g and dissolved in 2.0 cm^3 of hexane, then shaken well. Then 0.1 cm^3 of sodium methylate solution in methanol with molar concentration of 2 mol/cm^3 was added to the obtained solution by pipette, corked and stirred vigorously for 2 minutes. Then the reaction mixture was allowed to stand for 5 min and the upper layer containing the methyl esters was filtered through a paper filter. 0.1 to 2 mm^3 of the fatty acid methyl esters solution was taken from the test sample and inserted onto the column.

Using Unichrome® software, the quantification of fatty acids in the tested samples was carried out by the internal normalisation method. Also, there were conducted organoleptic evaluation of blends by colour analysis in transmitted and reflected light on a white background, as well as by smell analysis at a sample

temperature of about 50°C and taste characteristics that were determined by the commission, which consisted of five trained testers who used a 5-grade scale under the principles of GOST ISO 13299-2015[13] and GOST ISO 11037-2013 [14].

The main indicators of oxidative deterioration during storage of vegetable oils and their blends under ultraviolet radiation and oxygen access at the air temperature of 20±5°C were estimated by the value of acid number according to GOST 31933-2012 [15] and peroxide number according to GOST 26593-85 [16]. A storage regime was chosen as close as possible to the conditions of household use. Every fortnight samples were taken for further testing.

The values of the quality indicators of the obtained vegetable oil samples are presented in Table 1.

Table 1

Values of quality indicators of tested oil samples

A trivial name	Nomenclature name	Fatty acid content, wt. %			
		Sample No.1	Sample No.2	Sample No.3	Sample No.4
Alpha-linolenic	cis-9,12,15-octadecatrienoic	0.1	51.7	8.1	1.0
Linoleic	cis-9,12-octadecane	51.5	15.6	22.7	43.0
Myristic	Tetradecanoic	0.8	-	0.1	0.1
Palmine	Hexadecanoic	23.1	5.8	4.9	5.4
Stearic	Octadecanoic	2.3	4.6	1.9	2.9
Oleic	Cis-9-octadecenoic acid	19.2	19.8	58.6	39.5

Moscow State University of Food Production has developed a methodology for calculating the composition of multi-component blended oils, which can be used as a method to calculate the ratio of linolenic and linoleic acids and the initial content of these acids in the oil. Formulas (1) and (2) that are presented below are intended for their calculation:

$$\frac{m_a \cdot c_a^1 + m_b \cdot c_b^1}{m_a \cdot c_a^2 + m_b \cdot c_b^2} = 10; \quad (1)$$

$$m_a + m_b = 1, \quad (2)$$

where: m_a, m_b – mass of vegetable oil, kg; c_a^1, c_b^1 – concentration of linoleic acid in vegetable oil, wt. %; c_a^2, c_b^2 – concentration of linolenic acid in vegetable oil, wt. %.

The blends were obtained by preliminary mixing of two basic oils in the laboratory at temperature of 20°C under continuous stirring by a magnetic mixer and subsequent introduction of minor blend components up to the required proportion.

Research results and discussion. To optimise the fatty acid composition of the studied blends and the data obtained for each of the vegetable oils, the most acceptable is linseed oil, due to its significant content of polynasaturated fatty acids, unlike other types of oils, which predetermines as the most preferable raw

material. Production of linseed oil at the industrial scale in Belarus is conducted under natural conditions of obtaining significant amounts of flax seeds.

However, the results of gas chromatographic analysis of the content of individual fatty acids in triglycerides of the oil samples that are presented at Figure 3 revealed significant differences.

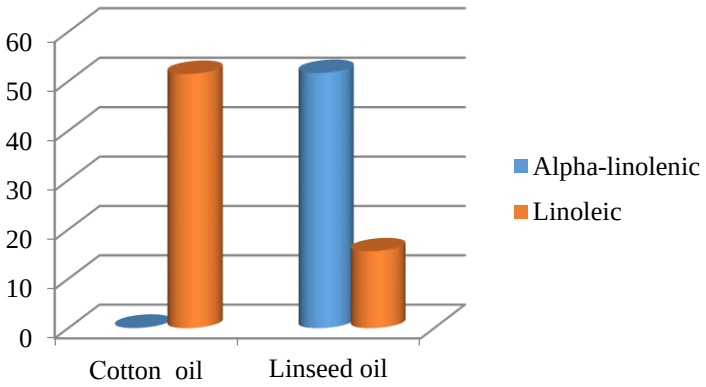


Fig. 3. Fatty acid content

The results for the composition of sample No. 1 (cotton oil) shows the largest amount of linoleic acid, approximately 50% by mass, and a very small amount of linolenic acid, less than 0.1% by mass. This correlates with the results that are available from literature data [6] and confirmes the imbalance in the fatty acid composition of refined and unrefined cotton oils, which are widely used in the southern regions of Kazakhstan.

Rapeseed oil and cottonseed oil have similar fatty acid composition. Rapeseed oil contains about 40% linoleic acid and 1% linolenic acid. Corn oil, on the other hand, contains 22% linoleic acid and 8% linolenic acid. Because of this, corn oil can be used to enrich the composition of cottonseed oil.

The highest amount of linolenic acid is found in bilberry oil with a content of about 54%. This makes it the most promising ingredient of blends with a balanced fatty acid composition and that is why it was chosen by us as a source of linolenic acid. But it could be found to be too expensive for mass production.

Based on the results obtained, we proposed two blends based on cottonseed oil and linseed oil. The proposed blend No. 1, in which the ratio of polyunsaturated fatty acids is 10:1, can be recommended for daily use and prophylactic mean in diet.

Sample No. 2 is a product that is characterised by an increased content of flaxseed oil. This is a wonderful supplement that provides a 5:1 ratio of polyunsaturated fatty acids. The richness by flaxseed oil in this product makes it an ideal choice for those interested in therapeutic nutrition. Table 2 shows the compositions of recommended oil blends.

Table 2

Vegetable oil content in blends No. 1 and No. 2

Object number	Actual ratio of polyunsaturated fatty acids	Linseed oil	Cotton oil
Blending 1	10:1	0.09	0.91
Blending 2	5:1	0.25	0.75

The results of physicochemical and organoleptic parameters of the samples of blends 1 and 2 are presented in Table 3.

Table 3

Physic-chemical parameters of blended oils No. 1 and No. 2

Blend number	Linoleic acid content, wt.	Mass fraction of moisture and volatile substances, %	Linolenic acid content, wt.	Peroxide number, ½ O mol/kg	Acid number, mg KOH/g
Blending 1	44.73	0.05	5.83	4.4	0.4
Blending 2	42.68	0.06	7.27	4.7	0.5

The results obtained for the values of acid and peroxide numbers for all blends corresponded to the requirements to unrefined edible oil blends.

It should be noted that the samples with a higher content of linseed oil have lower values of acid and peroxide numbers, which provides some advantage of these blends during production, bottling and storage due to lower oxidative capacity, and, therefore, better preservation of chemical and microbiological influence.

Thus, the results of the conducted research prove the possibility of producing all the proposed blends of vegetable oils, as they all fully meet to the established requirements by organoleptic and physico-chemical parameters.

In addition, the application of gas chromatography method allows to evaluate the compliance with the calculated ratio of PUFAs in the composition of the obtained vegetable oil blends. The results that are presented in Table 3 concerning the ratio of linoleic and linolenic acids in them fully correlate with the previously planned results.

Conclusion. The studies of this work resulted in two new blended vegetable oils based on cottonseed oil that include additives of linseed oil, corn oil and rapeseed oil, which are little used in our country, but widely produced in Belarus and Kazakhstan. Such blending allows to provide the best proportion of ω-3 and ω-6 fatty acids and will increase the biological value of fat goods, and, as well, in technological terms, will enhance high-quality and safe transportation and storage of such a product.

References

1. Kovalenko T.D. Innovacii v predpriyatiyah pishchevoj promyshlennosti: razrabotka novyh vidov produktov pitaniya [Innovation in food industry enterprises: development of new types of food products] // Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo» [Proceedings of the international symposium "Reliability and Quality"], 2011. No. 1. P. 26-31, [in Russian].
2. Ladygin V.V. Konstruirovanie oksistabil'nyh kompozicij rastitel'nyh masel [Design of oxystable compositions of vegetable oils]: dissertation for candidate of technical sciences: 05.18.06 / Ladygin Vasilij Vyacheslavovich. – Krasnodar, 2016. – 150 p., [in Russian].
3. Potashova A.B., Gulyaeva YU.N., Novoselov A.G. Issledovanie reodinamiki jogurtov, obogashchennyh selenom [Study of the rheodynamics of yoghurts enriched with selenium] // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv» [Scientific journal of NRU ITMO. Series "Processes and apparatus of food production"], 2016. No. 1. P. 37-44, [in Russian].
4. Lisicyn A.N. Sovremennye tekhnologii proizvodstva novyh vidov maslozhirovoj produkcii [Modern technologies for the production of new types of fat and oil products] // Masla i zhiry [Oils and fats], 2014. No. 3-4. P. 30-33, [in Russian].

5. Zajceva L.V. Rol' razlichnyh zhirnyh kislot v pitanii cheloveka pri proizvodstve pishchevyh produktov [The role of various fatty acids in human nutrition during food production] // Pishchevaya promyshlennost' [Food industry], 2010. No.10. P. 60-63, [in Russian].
6. Vladykina D.S., Lamotkin S.A., Kolnogorov K.P., Il'ina G.N., Basharova A.O. Razrabotka kupazhej rastitel'nyh masel so sbalansirovannym zhirnokislotnym sostavom [Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition] // Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya [Proceedings of BSTU. Episode 2: Chemical technologies, biotechnology, geoecology], 2015. No. 4 (177). P. 240-245, [in Russian].
7. Bahtin YU.V., Budaeva V.V., Vereshchagin A.L. Effektivnost' ispol'zovaniya kedrovogo masla v kompleksnom lechenii bol'nyh s arterial'noj gipertoniej [The effectiveness of using cedar oil in the complex treatment of patients with arterial hypertension] // Vopr. Pitaniya [Nutrition issues], 2006. No. 1. P. 51-53, [in Russian].
8. Vasil'kova T.V., Polinenasyshchennye zhirnye kisloty Omega-3 i Omega-6 v pitanii cheloveka [Polyunsaturated fatty acids Omega-3 and Omega-6 in human nutrition] // Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj medicinskij universitet [Minsk: Belarusian State Medical University]. [?] P. 6, [in Russian].
9. Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. FAO Food and Nutrition: Paper 91. – Rome: United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. – 166 p.
10. Ostrikov A.N., Kopylov M.V. Kupazhirovannoe rastitel'noe maslo – funkcional'nyj produkt pitaniya [Blended vegetable oil – a functional food product] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances of modern natural science], 2011. No. 7. P. 171-172, [in Russian].
11. GOST 30418-96 Masla rastitel'nye. Metod opredeleniya zhirnokislotnogo sostava. [Vegetable oils. Method for determining fatty acid composition]. – Introduced 01.01.1998. – Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 2017. – 7 p., [in Russian].
12. GOST 31665-2012 Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Poluchenie metilovyh efirov zhirnyh kislot. [Vegetable oils and animal fats. Preparation of fatty acid methyl esters]. – Introduced 01.01.2014. –Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 2012. – 11 p., [in Russian].
13. GOST ISO 13299-2015 Organolepticheskij analiz. Metodologiya. Obshchee rukovodstvo po sostavleniyu organolepticheskogo profilya. [Organoleptic analysis. Methodology. General Guidelines for Organoleptic Profiling]. – Introduced 01.07.2017. – Moscow Standardinform, 2014. – 24 p., [in Russian].
14. GOST ISO 11037-2013 Organolepticheskij analiz. Rukovodstvo po ocenke cveta pishchevyh produktov [Organoleptic analysis. Guide to Food Color Evaluation]. – Introduced 01.11.2002. – Moscow Standardinform, 2014. – 20 p., [in Russian].
15. GOST 31933-2012 Masla rastitel'nye. Metody opredeleniya kislotnogo chisla i kislotnosti [Vegetable oils. Methods for determining acid number and acidity]. – Introduced 01.01.2014. –Moscow Standardinform, 2019. – 24 p., [in Russian].
16. GOST 26593-85 Masla rastitel'nye.Metod izmereniya perekisnogo chisla [Vegetable oils. Method for measuring peroxide value]. – Introduced 01.01.1986. – Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1985. – 11 p., [in Russian].

Material received on 20.04.24.

А.Е. Отуншиева[1], С.А. Болегенова[1], С.С. Ветохин[2], С.А. Ламоткин[2], А.К. Тулекбаева[3]

[1]әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск қ., Беларусь
[3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ МАҚТА МАЙЫ ЖӘНЕ БЕЛАРУСЬ ЗЫҒЫР МАЙЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ТЕҢЕСТІРІЛГЕН МАЙ ҚЫШҚЫЛДЫ ҚҰРАМЫ БАР ӨСІМДІК МАЙЛАРЫНЫҢ ЖАҢА ТҮРІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Мақалада линол және линолен қышқылдары сияқты қышқылдығы жоғары майларды құрамындағы азырақ майлармен біріктіру негізінде өсімдік майларының жаңа түрлерін әзірлеу бойынша зерттеулердің нәтижелері берілген. Мақта майы құрамындағы линол қышқылының мөлшері барлық басқа майлардан 2 есеге жуық жоғары, ал зығыр майы құрамындағы а-линолен қышқылының мөлшері бойынша барлық басқа майлардан 50 есеге жуық артық екені анықталды, бұл май қышқылдарының оңтайлы құрамы 5:1 және 10:1 қатынасындағы мақта және зығыр майларының қоспасы болып табылады деп қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Мұндай арақатынас ω-3 және ω-6 қышқылдарының қоспасын теңестіруге мүмкіндік береді, сонымен қатар соңғы өнімнің жарамдылық мерзіміне әсер ететін өсімдік майларының тотықтырғыш қабілетілігін төмендетеді.

Тірек сөздер: мақта майы, линол қышқылы, өсімдік май қоспалары,зығыр майы, тағамдық өсімдік майлары, линолен қышқылы, полиқанықпаған май қышқылдары.

А.Е. Отуншиева[1], С.А. Болегенова[1], С.С. Ветохин[2], С.А. Ламоткин[2], А.К. Тулекбаева[3]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
[2]Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь
[3]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ СО СБАЛАНСИРОВАННЫМ ЖИРНО-КИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ НА ОСНОВЕ КАЗАХСТАНСКОГО ХЛОПКОВОГО МАСЛА И БЕЛОРУССКОГО ЛЬНЯНОГО МАСЛА

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по разрботке новых видов растительных масел, основанных на комбинировании масел с более высоким содержанием таких кислот, как линоленовая и ленолевая с маслами, в которых эти содержания более низки. Установлено, что по содержанию линолевой кислоты хлопкового масло, превосходит все остальные масла практически в два раза, а льняное по содержанию α-линоленовой кислоты – практически в 50 раз. Следовательно, оптимальным по жирокислотному составу является купаж из хлопкового и льняного масел в соотношениях 5:1 и 10:1. Такое соотношение позволяет сбалансировать купаж по ω-3 и ω-6 кислотам, а также снизить окислительную способность растительных масел, влияющих на сроки хранения конечного продукта.

Ключевые слова: хлопковое масло, линолевая кислота, купажи растительных масел, льняное масло, пищевые растительные масла, линоленовая кислота, полиненасыщенные жирные кислоты.

МРНТИ 65.09.03

П.М. Маликтаева[1] – *основной автор*, **К.Ш. Саржанова[2], Ш.Д. Умирбаева[3]**

[1]*Канд. техн. наук*, [2]*Канд. техн. наук, доцент*, [3]*Инженер*

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

[1,2]*Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Мұртаза, г.Тараз, Казахстан*
[3]*Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан*

@ [1]*Sakosh_78@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XWYM2030

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТАБЛЕТОК ПОРОШКА КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА

Аннотация. Распадаемость таблеток порошка кисломолочного напитка является одним из важных технологических показателей качества готового изделия. Анализ полученных данных показал, что чем больше времени распадаемости при низкой влажности, таблетка становится прочным, не изменяет физико-механических свойств и долго сохраняет вид и вкусовые качества продукции. Результаты опытов показали, что распадаемость таблетки способствует быстрому разъедению частиц спрессованной таблетки.

Ключевые слова: кисломолочный напиток, таблетирование, распадаемость таблеток, время распадаемости, влажность таблетки.

Маликтаева, П.М. Определение качественных показателей таблеток порошка кисломолочного напитка [Текст] / П.М. Маликтаева, К.Ш. Саржанова, Ш.Д. Умирбаева // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.81-86. https://doi.org/10.55956/XWYM2030

Введение. Одним из основных условий производства в таблетированной промышленности является соответствие готового продукта требованиям действующих нормативных актов и технических документов. Качество выпускаемых таблеток определяется различными показателями, которые подразделяются на следующие группы:

- органолептические;
- физические;
- химические;
- бактериологические;
- биологические.

Определение качества таблетки начинается с оценки ее внешнего вида (органолептических свойств), на которые влияют следующие факторы:

- условия прессования;
- адгезия и когезионные свойства таблетируемой массы, а также содержание влаги;

– гранулометрическая структура;
– поверхность и точность прессования;
– способ нанесения покрытия и т.д.

Используя штангенциркуль можно определить размер (диаметр, высоту) таблетки в соответствии с типом таблетки по ОСТ 64-072-89, а также цвет и линию раздела. При этом таблетки не должны иметь дефектов по размеру, цвету, покрытию, надписи шрифтом и разделительной линии:

– выступ (поверхность в выступах, прилипшие частицы порошка);
– углубление (лунки, выкрошенные части таблеток);
– грязь или пыль на таблетках;
– мраморный рисунок (неравномерный цвет, локальное изменение цвета);
– сколы (отслаивание или крошка от таблеток для уменьшения толщины);
– слипание;
– крошение;
– деформация (нарушение округлости формы);
– царапины (царапины на поверхности таблетки);
– дефекты покрытия (неровная поверхность покрытия, разная толщина).

Распадаемость таблеток порошка кисломолочного напитка является одним из важных технологических показателей качества готового изделия. Распадаемость определяли по известной методике – определение распадаемости лекарственных форм.

Условия и методы исследования. Распадаемость таблеток определяли на приборе «Eureka». Прибор для контроля распадаемости марки «Eureka» соответствует последним требованиям зарубежных фармакопей. Прибор используют для определения времени распада таблеток, таблеток в оболочке, капсул. Прибор состоит из 2-х сборных корзинок, сосудов для жидкости, термостатического устройства, поддерживающего температуру 37℃ и электромеханического устройства, сообщающего корзинкам возвратно-поступательные движения. В каждую трубку сборной корзинки помещают одну таблетку, что позволяет проводить определение распадаемости шести таблеток одновременно, а наличие 2х корзинок позволяет одновременно анализировать два наименования продукции.

За процессом наблюдали визуально. Таблетки считаются распавшимися, если все частицы разрушившихся таблеток прошли через сетку нижнего диска корзинки. Распадаемость таблеток и капсул не должна превышать 30 мин [1].

Определение распадаемости таблеток не дает информации о высвобождении активных веществ (растворении) из распавшейся таблетки и не позволяет сделать заключение о их доступности. Более надежным контролирующим методом является тест-растворение.

Для проведения испытаний использовали таблетки диаметром 16,58 мм, высотой 18 мм и массой 4 г., полученные при давлении прессования 6,0; 7,0; 8 и 10 МПа. Повторность опытов была трехкратной [2].

Результаты исследований и их обсуждение. В результате экспериментальных исследований получили данные о времени распадаемости таблеток от давления прессования (табл. 1). В таблице 2

представелны результаты математической обработки результатов экспериментальных данных.

Таблица 1

Данные о времени распадаемости таблеток (t) от давления прессования (P)

1 серия опытов		2 серия опытов		3 серия опытов	
P, МПа	t, с	P, МПа	t, с	P, МПа	t, с
6,0	135,0	6,0	150,0	6,0	210,0
7,0	190,0	7,0	200,0	7,0	210,0
8,0	161,0	8,0	174,0	8,0	325,0
9,0	230,0	9,0	240,0	9,0	235,0
10,0	210,0	10,0	230,0	10,0	280,0

Наибольшее отклонение расчетных и экспериментальных значении t составляет 4,3%, что является удовлетворительным результатом. Таким образом функция, описывающая эксперимент зависимости времени распадаемости таблетки t, с от давления P, МПа прессования принимается нами в виде:

$$t=97{,}25\cdot E^{0{,}09368\ Pi} \qquad (1)$$

Таблица 2

Результаты математической обработки результатов экспериментальных данных

P, МПа	t, с	Pi^2	lgt_i	$P_i\ lgt_i$	$t_{iтеор}$	$\frac{t_{iтеор}-t_{эксп}}{t_{iэксп}}\times 100\%$
6,0	165	36,0	2,217484	13,3049	170,00	3,03
8,0	220	64,0	2,34242	18,73936	205,74	6,48
10,0	240	100,0	2,38021	23,8021	248,14	3,39
∑	625	200,0	6,940114	55,84636	623,88	4,3

Зависимость времени распадаемости таблетки от давления прессования была аппроксимирована функциями в виде:

$$t=a_1P+a_2P^2; \qquad (2)$$

$$t=a\cdot e^{вt}; \qquad (3)$$

$$P_{расп}= -223{,}9+92{,}8t-4{,}64t^2 \qquad R=0{,}99 \qquad (4)$$

Коэффициенты этих функций определяли с применением метода наименьших квадратов. На основе анализа устанавливали физические смыслы коэффициентов принимаемых функций [3].

Уравнение (2) при P=0 показывает время распадаемости не прессованных порошков, полностью соответствует реальному процессу.

Поэтому коэффициент *а* можно принять, как физически обоснованного параметра уравнения.

Результаты опытов показали, что распадаемость таблетки способствует быстрому разъединению частиц спрессованной таблетки.

На рисунке 1 приведена кривая распадаемости таблеток от давления прессования, построенная по результатам опытных и расчетных данных. Из

нее следует, что таблетки полученные при давлении прессований в интервале 6-8 МПа распадаются быстрее.

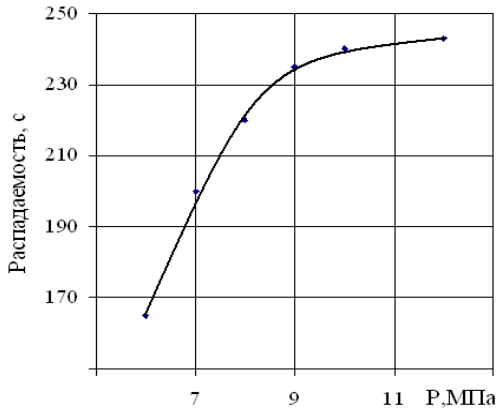


Рис. 1. Зависимость изменения распадаемости таблеток от давления прессования

Вид и запах исследуемой таблетки определяли по органолептическими показателям.

Влажность испытуемого образца определяли по формуле

$$W=\frac{m_1-m_2}{m_1-c}\times 100\%, \quad (5)$$

где: m_1 – масса пакета бумаги с порошком до сушки, г; m_2 – масса пакета бумаги с порошком после сушки, г; с – масса пакета бумаги без порошка, г.

Влажность таблетированной кисломолочной основы имеет большое значение на качество таблетки. По стандартным общепринятым методам влага прессуемой таблетки должна быть в пределах 7-10%. При выполнении исследования влажность таблетированного продукта показала в среднем 7,69%. Исследование влажности таблетки проводили на приборе влагомер ВЧ 5-10 минут при 160℃[4,5] (табл.3).

Таблица 3

Качественные показатели таблеток порошка кисломолочного напитка

№	Наименование показателей	Требование НД	Фактические полученные результаты
1	Описание	Таблетки цилиндрической формы, кремового цвета, со специфическим запахом.	Таблетки цилиндрической формы, кремового цвета, со специфическим запахом. Высота таблеток:18 мм Диаметр таблеток: 16,58 мм
2	Влажность	7-10 %	7,69 %
3	Распадаемость	110-430 с	при 6,0МПа 165 с при 8,0МПа 220 с при 10,0МПа 240 с

Заключение. Анализ полученных данных показал, что чем больше времени распадаемости при низкой влажности, таблетка становится прочным, не изменяет физико-механических свойств и долго сохраняет вид и вкусовые качества продукции.

Список литературы

1. Государственная Фармакопея Союза Советских Социалистических Республик [Текст]: научное издание / МЗ СССР. - 9-е изд. – М.: Медицина, 1990. – 900 с.
2. Джунисбеков, Т.М. Прессование порошка кисломолочной основы [Текст] / Т.М. Джунисбеков, А. Мынбаева, П.М. Маликтаева, Е.С. Спандияров // Механика и моделирование процессов технологии. – 2002. – № 2. – С. 185-190.
3. Гутер, Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта [Текст] / Р.С. Гутер, Б.В. Овчинский. – М.: Наука, 1970. – 332-351 с.
4. Маликтаева, П.М. Компрессионные характеристики порошка национального кисломолочного напитка [Текст] / П.М. Маликтаева // Наука и образования Южного Казахстана. – 2006. – № 3. – С. 111-114.
5. Мачихин, Ю.А. Таблетирование пищевых материалов [Текст] / Ю.А. Мачихин, Г.Г. Зурабишвили. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 129-132 с.

Материал поступил в редакцию 17.05.24.

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

[1]Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз инновациялық институты, Тараз қ., Казақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ҚЫШҚЫЛ СҮТТІ СУСЫН ҰНТАҒЫ ТАБЛЕТКАЛАРЫНЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Ашыған сүт сусынының ұнтақ таблеткаларының ыдырауы дайын өнім сапасының маңызды технологиялық көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Алынған мәліметтерді талдау төмен ылғалдылықта ыдырау уақыты неғұрлым ұзағырақ болса, таблетка төзімді болады, физикалық-механикалық қасиеттерін өзгертпейді және өнімнің сыртқы түрі мен дәмін ұзақ уақыт сақтайды. Тәжірибе нәтижелері таблетканың ыдырауы сығылған таблетка бөлшектерінің жылдам ыдырауына ықпал ететінін көрсетті.

Тірек сөздер: ашытылған сүт сусыны, таблеткалау, таблетканың ыдырауы, ыдырау уақыты, таблетка ылғалдылығы.

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

[1]International Taraz Innovative Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan
[2]M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

DETERMINATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF FERMENTED MILK DRINK POWDER TABLETS

Abstract. The disintegration time of fermented milk drink powder tablets is one of the important technological indicators of finished product quality. The analysis of the obtained data showed that the longer disintegration time at low humidity, the tablet becomes durable, does not change physical and mechanical properties and retains the

appearance and taste qualities of the product for a long time. The results of the experiments showed that tablet disintegrability favours rapid disintegration of compressed tablet particles.

Keywords: fermented milk drink, tableting, tablet disintegration, disintegration time, tablet moisture.

References

1. Gosudarstvennaya Farmakopeya Soyuza Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik [State Pharmacopoeia of the Union of Soviet Socialist Republics]: scientific publication / Ministry of Health of the USSR. - 9th ed. - Moscow: Medicine, 1990. – 900 p., [in Russian].
2. Dzhunisbekov T.M., Mynbayeva A., Maliktayeva P.M., Spandiyarov Ye.S. Pressovaniye poroshka kislomolochnoy osnovy [Pressing fermented milk base powder] // Mekhanika i modelirovaniye protsessov tekhnologii [Mechanics and modeling of technology processes], 2002. No. 2. P. 185-190, [in Russian].
3. Guter R.S., Ovchinskiy B.V. Elementy chislennogo analiza i matematicheskoy obrabotki rezul'tatov opyta [Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results]. – Moscow: Science, 1970. – 332-351 p., [in Russian].
4. Maliktayeva P.M. Kompressionnyye kharakteristiki poroshka natsional'nogo kislomolochnogo napitka [Compression characteristics of national fermented milk drink powder] // Nauka i obrazovaniya Yuzhnogo Kazakhstana [Science and education of Southern Kazakhstan], 2006. No. 3. P. 111-114, [in Russian].
5. Machikhin YU.A., Zurabishvili G.G. Tabletirovaniye pishchevykh materialov [Tableting of food materials]. – Moscow: Food Industry, 1978. – 129-132 p., [in Russian].

МРНТИ65.09.05

К.Ш. Саржанова[1]–*основной автор,* ©
П.М. Маликтаева[2]

[1]*Канд. техн. наук, доцент,*[2]*Канд. техн. наук*

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

[1]*Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Мұртаза,*

г.Тараз, Казахстан

@ [1]*sarzhanova50@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/CQYI8171

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА «ТОЛОКНА» ИЗ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Аннотация. В статье освещены результаты экспериментального исследования влияния условий ВТО зерна кукурузы на потребительские свойства «толокна», определяемые органолептическими показателями. Показано, что за счет использования речного песка достигается равномерное прокаливание всей поверхности, как отдельно взятого зерна кукурузы так и всей массы. Установлены режимы позволяющие получить «толокно» с хорошими органолептическими показателями.

Ключевые слова: толокно, ВТО, кукуруза, песок, органолептические показатели.

Саржанова,К.Ш. Пути улучшения качества «толокна» из зерна кукурузы [Текст] /К.Ш. Саржанова,П.М. Маликтаева// Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.87-91.https://doi.org/10.55956/CQYI8171

Введение. В настоящее время, наряду с другими важнейшими задачами предусматривается создание изобилия продовольствия в стране, дальнейшее повышение материального благосостояния народа, что требует создания и внедрения новой техники и технологии в пищевой промышленности. Наряду с этим, необходимо расширить и ассортимент вырабатываемой продукции, в том числе и традиционных национальных продуктов [1]. Одним из таких продуктов является кукурузное «толокно» для приготовления которой используется кукурузная крупа кустарной выработки.

Условия и методы исследования.«Толокно» является традиционным национальным продуктом, отличающимся оригинальными вкусовыми и органолептическими показателями. Эффективность получения кукурузного «толокна» может быть повышена проведением ВТО, вследствие направленных изменений потребительского достоинства и химического состава сырья.

В Казахстане и других странах Центральной Азии «толокно», получаемую путем глубокой гидротермической обработки кукурузы, производят кустарным способом и в ограниченном количестве, хотя спрос на этот высококалорийный продукт очень велик [2]. Из за отсутствия

механизированных технологических линий в промышленности, выпускающих эту продукцию в требуемом количестве, сдерживается производство и расширение ассортимента традиционных национальных блюд [3]. Разработка эффективной технологии и создание соответствующего оборудования для производства кукурузного «толокна» возможны на основе проведения экспериментальных исследований и научного обоснования рациональных параметров гидротермической обработки кукурузы [4].

Исследования проводились на образцах рядовой кукурузы Жамбылской области в соответствии с общепринятыми правилами [5]. Кукуруза обрабатывалась на специально изготовленной лабораторной установке, которая позволяла проводить необходимые режимы водно-тепловой обработки. Необходимое число повторностей опытов устанавливали исходя из погрешности метода измерения в точности результатов при доверительной вероятности 0,95. Водно-тепловую обработку проводили по схеме включающей очистку, мойку, варку и обжаривание кукурузы с использованием песка в варочном котле.

Для выявления оптимального способа ВТО кукурузы были изучены 5 вариантов обработки. Во всех случаях обработки соотношение воды и зерна брали 3:1, кроме варианта III. Влажность зерна доводили до 40-45%, что было принято за критерий готовности при варке.

Результаты исследований и их обсуждение.В результате исследования было установлено, что по варианту I зерно достигает готовности за 20-24 минуты. По варианту II продолжительность варки сокращалось до 25-29 и 10-14 минут соответственно. По варианту III длительность пропаривания составляла 120-150 минут, по варианту IV за 220-120 минут соответственно. Таким образом, очевидно, что длительность ВТО зависит от применяемого способа и от исходной температуры воды, поскольку эти два фактора определяют скорость увлажнения зерна [6]. В таблице 1 покзаны Органолептические показатели «толокна» полученные при различных режимах ВТО.

Таблица 1

Органолептические показатели «толокна» полученные при различных режимах ВТО

Вариант обработки	Режимы обработки	Цвет	Запах	Вкус
I вариант	Варка зерна в воде с исходной емпературой 70-80^{0}С	желтый ровный	слабоощутимый запах «толокна»	хороший
II вариант	Варка зерна предварительно замоченного в воде с температурой 18 и 50^{0}С	желто-серый	слабоощутимый запах «толокна»	Удовлет ворительн ый
III вариант	Пропаривание зерна над кипящей водой	бледно-желтый	пропаренного зерна не свойственный «толокну»	сырого крахмала
IV вариант	Предварительная замочка в воде с температурой 18 и 50^{0}С без варки	желто-серый	сырого зерна не свойственный «толокну»	сырого крахмала

Скорость увлажнения в воде при температуре 70-80°С выше, чем при температуре 18-20°С.Так за первые 10 минут влажность зерна в горячей воде достигает 30-32%, а за последующие 14 минут возрастает лишь на 11%, тогда как во втором случае зерно увлажняется равномерно в течении всего периода варки.Результаты исследований показали, что варка зерна кукурузы является важной технологической операцией, определяющей вкусовые достоинства.Из всех вариантов ВТО «толокно» с хорошими органолептическими показателями получается при I варианте, т.е. при варке зерна в воде с исходной температурой 75°С и продолжительности варки 22 мин (табл.1). Пропаривание и предварительное замачивание зерна с последующей варкой и без варки приводили к разному потемнению «толокна», которая теряла специфический аромат и вкус. ВТО кукурузы неизбежно сопровождается разваривание мелких, битых и поврежденых зерен, что снижает выход доброкачественного толокна. Поэтому на переработку в «толокно» необходимо направлять зерно с минимальным содержанием мелких, битых и поврежденных зерен.

Заключительным этапом обработки кукурузы при выработке «толокна» является обжаривание При традиционном способе зерно после варки обжаривается в котле до определенной влажности. При таком варианте процесс обжаривания протекает неравномерно, т.к. зерно прилипая к горячей поверхности котла подгорают, ухудшается цвет и вкусовые качества готовой продукции. Для предотвращения прилипания в некоторых случаях обжаривание проводят с небольшим добавлением растительного масла, что ухудшает сохранность готового «толокна».Поэтому для решения всех этих проблемнами предложено обжаривание зерна кукурузы с использованием песка, прошедшей процесс варки принятой за оптимальную.

С этой целью исследовали термическую обработку кукурузы при следующих режимах (табл.2). Результаты исследований показали, оптимальным режимом термообработки кукурузы является IV вариант при температуре 250°С, продолжительностью обжаривания 15 минут, толокно при этом имело ровную ярко-желтую окраску, ароматный запах, хороший без горечи сладковатый вкус. Повышение температуры выше 250°С сопровождалось потемнеием цвета «толокна» до желто-коричневого цвета. «Толокно» полученное обжариванием кукурузы при температуре ниже 220°С, имело привкус сырого крахмала и бледный оттенок, отсутствовал аромат «толокна».Установлено, что при использовании песка происходит равномерное обжаривание всех зерен и отдельных частей зерна кукурузы при температуре песка 250°С, длительность обжаривания сокращается до 15 мин.

Таблица 2

Влияние термообработки зерна на органолептические показатели готового «толокна»

Вариант обработки	Режимы обработки		Органолептические показатели		
	температура песка при обжаривании в ^{0}С	продолжительность обжарки в мин.	цвет	запах	вкус
1	2	3	4	5	6
I вариант	100	30	бледно-желтый	Слабоощутимый запах «толокна»	Удовлетворительный

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
II вариант	150	25	бледно-желтый	Слабоощу-тимый запах «толокна»	удовлетво рительный
III вариант	200	20	желтый	Свойствен-ный запах «толокна»	хороший без горечи
IV вариант	250	15	ярко-желтый	ароматный запах «толокна»	хороший без горечи, сладковатый
V вариант	300	20	желто-коричне вый	горелый	сильно отдает горечью

Заключение:

1.Исследованиями установлено, что при подготовке кукурузы его необходимо промывать теплой водой (25-30°С), с последующим механическим обезвоживанием.

2. Обязателен также отбор мелкой фракции зерна проходом сита Ø2,5 мм, а также битых и испорченных зерен.

3. Варка зерна кукурузы в воде с температурой 75°С позволяет получить сырье для толокна с хорошими органолептическими показателями.

4. При обжаривание зерна кукурузы с использованием песка при температуре 250°С и продолжительности обработки в течении 22 минут получили продукт с наилучшими органолептическими показателями и химическим составом.

Список литературы

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организацияОбъединенных Наций[Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.fao.org/home/ru/.
2. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическомупланированию и реформам Республики Казахстан[Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://stat.gov.kz.
3. Коновалов, К.Л. Создание качественно новых продуктов с заданными свойствами [Текст] / К.Л. Коновалов, А.И. Лосева, М.Т. Шулбаева, Н.В. Печеник // Пищевая индустрия. – 2012. – №5. – С.9-12.
4. Анисимова, Л.В. Исследование способа гидротермической обработки зерна проса без пропаривания [Текст] / Л.В. Анисимова, Е.Я. Некрасова // Ползуновский альманах. – 1999. – № 3. – С. 104 -105.
5. Анисимова, Л.В. Распределение влаги в зерне крупяных культур при увлажнении и отволаживании [Текст] / Л.В. Анисимова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2015. – №1. – С.60-62.

Материал поступил в редакцию17.05.24.

К.Ш. Саржанова[1], П.М. Маликтаева[1]

[1]Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз инновациялық институты, Тараз қ., Казақстан

ЖҮГЕРІ ДӘНІНЕН ЖАСАЛҒАН «ТАЛҚАННЫҢ» САПАСЫН ЖАҚСАРТУ ЖОЛДАРЫ

Аңдатпа. Мақалада жүгері дәнінің СЖӨ шарттарының органолептикалық көрсеткіштермен анықталатын «талқанның» тұтынушылық қасиеттеріне әсерін эксперименттік зерттеу нәтижелері көрсетілген. Өзен құмын пайдалану арқылы жеке жүгері дәндерінің де, бүкіл массаның да біркелкі қуырылуына қол жеткізілетіні көрсетілген. Жақсы органолептикалық сипаттамалары бар «талқан» алуға мүмкіндік беретін режимдер белгіленді.

Тірек сөздер: сұлы жармасы, СЖӨ, жүгері, құм, органолептикалық сипаттамалар.

K.Ch.Sarzhanova[1], P.M. Maliktaeva[1]

[1]International Taraz Innovative Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF “OATMEAL” FROM CORN GRAIN

Abstract. The article highlights the results of an experimental study of the influence of WTO conditions of corn grain on the consumer properties of oatmeal, determined by organoleptic indicators. It has been shown that through the use of river sand, uniform calcination of the entire surface, both individual corn grains and the entire mass, is achieved. Regimes have been established that make it possible to obtain “oatmeal” with good organoleptic characteristics.

Keywords:oatmeal, WTO, corn, sand, organoleptic characteristics.

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. – Access mode: http://www.fao.org/home/ru/, [in Russian].
2. Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. – Access mode:http://stat.gov.kz, [in Russian].
3. Konovalov K.L.,LosevaA.I., ShulbayevaM.T., Pechenik N.V. Sozdaniye kachestvenno novykh produktov s zadannymi svoystvami [Creation of qualitatively new products with specified properties] // Pishchevaya industriya [Food industry], 2012. No. 5. P. 9-12, [in Russian].
4. Anisimova L.V.,Nekrasova Ye.YA. Issledovaniye sposoba gidrotermicheskoy obrabotki zerna prosa bez proparivaniya [Research on the method of hydrothermal processing of millet grain without steaming] // Polzunovskiy al'manakh [Polzunovsky almanac], 1999. No. 3. P. 104 -105, [in Russian].
5. Anisimova, L.V. Raspredeleniye vlagi v zerne krupyanykh kul'tur pri uvlazhnenii i otvolazhivanii [Distribution of moisture in the grain of cereal crops during moistening and dampening] // News of Universities. Food technology, 2015. No. 1. P.60-62, [in Russian].

IRSTI 65.59.15

Zh. Zhamekova[1] – *main author*,
U. Chomanov[2], Zh. Iskakova[3],
Zh. Kussainova[4], M. Kaldarbekova[5]

[1]Master of Technical Sciences, [2]Doctor of Technical Sciences, Professor,
[3]Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
[4]PhD, Associate Professor, [5]PhD, Senior Lecturer

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-4983-3340 [2]https://orcid.org/0000-0002-5594-8216*
[3]https://orcid.org/0000-0002-2688-0670 [4]https://orcid.org/0000-0002-3278-2954
[5]https://orcid.org/0000-0002-0103-307X

[1,3,4]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan
[5]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

@ *[1]zhazirazhamekova@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/KJYF4411

FEATURES OF INDICATORS OF REPLACEABLE AND NON-REPLACEABLE AMINO ACIDS IN YOUNG CATTLE CUTS

Abstract. The article presents the results of a study of nonessential (arginine, proline, serine, alanine, glycine) and essential (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) amino acids in the cuts of young cattle of Auliekol, Galloway and Hereford stall-fed breeds. The results of studying the total amount of essential amino acids (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) in commercial cuts of cattle of various breeds have established that, in terms of the number of essential amino acids, the highest indicators are in 3 cuts: the inner part of the hip cut – 10.05 ± 0.46%, upper leg, long-cut – 10.345 ± 0.48%, flank – 13.82 ± 0.54.

Keywords: amino acids, cuts, carcass cutting, carcass weight, young cattle.

Zhamekova Zh., Chomanov U., Iskakova Zh., Kussainova Zh., Kaldarbekova M. Features of indicators of replaceable and non-replaceable amino acids in young cattle cuts // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.92-98. https://doi.org/10.55956/KJYF4411

Introduction. Most amino acids can be synthesized by the body during metabolism. Other (irreplaceable) amino acids: lysine, histidine, arginine, threonine, methionine, valine, leucine, isoleucine, phenylalanine, and tryptophan are not synthesized, which requires additional inclusion in the diet.

The measure of total metabolism in animals is the efficiency of the use of absorbed amino acids for deposition from the total pool of protein that entered the body with the feed, the limiting value of which in individual feeds is not shown for polygastric animals. Amino acid deficiency is accompanied by metabolic disorders, reduced growth, development and economic efficiency of growing productive animals. There are several ways to modify the amino acid composition by using proteins that are resistant to degradation in the rumen and have an amino acid

profile available to the animal body. Only due to this it is possible to favorably complement the composition of the proteins of rumen microorganisms. Another significant way to regulate amino acids in the gut is through the use of chemically isolated synthetic amino acids [1].

Inclusion of high amino acids in the diet stimulates early maturity of beef type animals, i.e. natural stimulation at an early age ensures obtaining of slaughter conditions and quality characteristics of meat by 15- 18 months of age [2-3].

Our findings are consistent with Huang VJ colleagues (2016), who, using a mixture of amino acids, found that lysine and methionine are the first critical amino acids in cattle diets. It is known that lysine participates in the synthesis of nucleoproteins and hemoglobin. He is inert in these metabolic processes. The irreplaceable amino acid methionine is involved in the formation of creatinine, choline, noradrenaline, etc. Scientists have found that a lack of this amino acid impairs the metabolism and many organs [4-6].

Materials and methods. The amino acid composition of proteins was determined on an amino acid analyzer "Kapel 105M". Amino acid balance of meat products was characterized by amino acid scoring and biological value criteria: amino acid coefficient, coefficient of protein snailiness, indicator of comparable redundancy of amino acid composition of protein.

Research results. Calves of Auliekol, Galloway and Hereford breeds with an average weight of 220-225 kg, at the age of 10 months at the beginning of the experiment.

Study of replaceable (arginine, proline, serine, alanine, glycine) and irreplaceable (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) amino acids in cuts of young cattle of Auliekol, Galloway and Hereford breeds of stall-fed.

We studied the amino acid composition of the main 14 trade cattle cuts of two different breeds of stall-fed - Auliekol and Galloway. The results of the studies have been placed as diagrams in Figures 1 and 2.

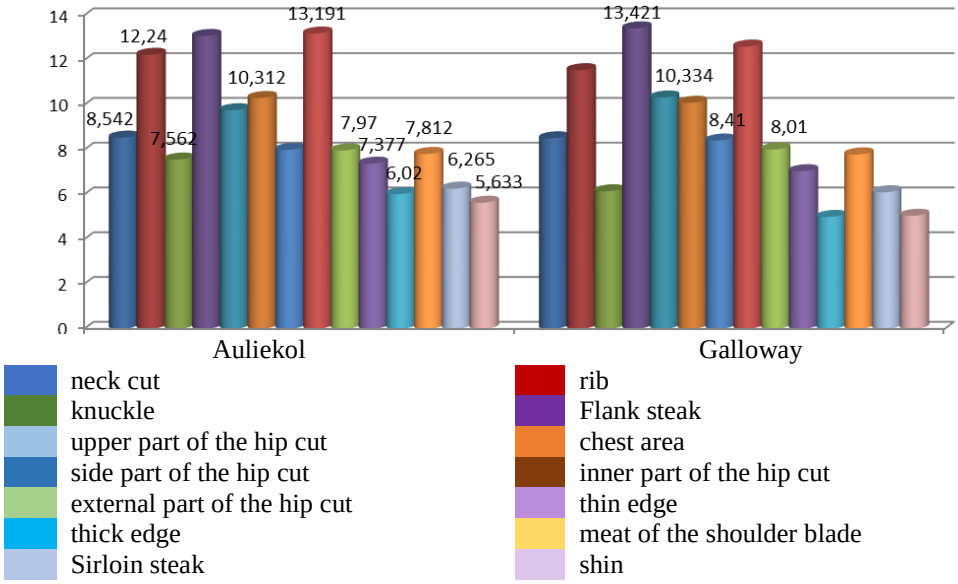


Fig. 1. Replaceable amino acids of basic cuts of cattle of Auliekol and Galloway breeds of stall-fed, %

The study of replaceable amino acids (arginine, proline, serine, alanine, glycine) in 14 cuts of cattle of Auliekol and Galloway breeds of stall-fed found that the amount of the above amino acids favorably differs Auliekol breed in 10 cuts: neck cut – 8.542%, rib – 12.24%, knuckle – 7.562% , chest area – 10.312%, inner part of the hip cut – 13.191%, thin edge – 7.377%, thick edge – 6.02%, meat of the shoulder blade – 7.812%, Sirloin steak – 6.265%, shin – 5.633%), and the Galloway breed in 4 (Flank steak – 13.421%, upper part of the hip cut – 10.334%, side part of the hip cut – 8.41%, external part of the hip cut – 8.01%).

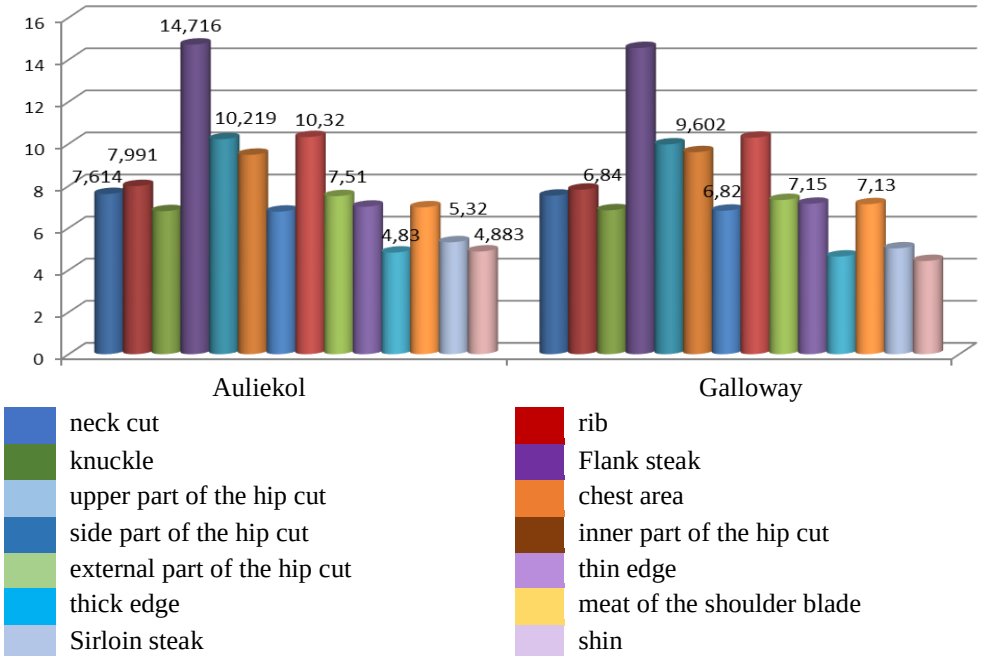


Fig. 2. Irreplaceable amino acids of basic cuts of cattle of Auliekol and Galloway breeds of stall-fed, %

The study of the total number of irreplaceable amino acids (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) found that the number of irreplaceable amino acids is highest in 9 cuts of Auliekol breed (neck cut – 7.614%, rib – 7.991%, Flank steak – 14.716%, upper part of the hip cut – 10.219% , inner part of the hip cut – 10.32%, external part of the hip cut – 7.51%, thick edge – 4.83%, Sirloin steak – 5.32%, shin – 4.883%) and 5 cuts of Galloway breed (knuckle – 6.84%, chest area – 9.602%, side of the hip cut – 6.82%, thin edge – 7.15%, meat of the shoulder blade – 7.13%).

We also studied the replaceable (arginine, proline, serine, alanine, glycine) and irreplaceable (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) amino acids in cuts of young cattle of Hereford breed (Figs. 3 and 4).

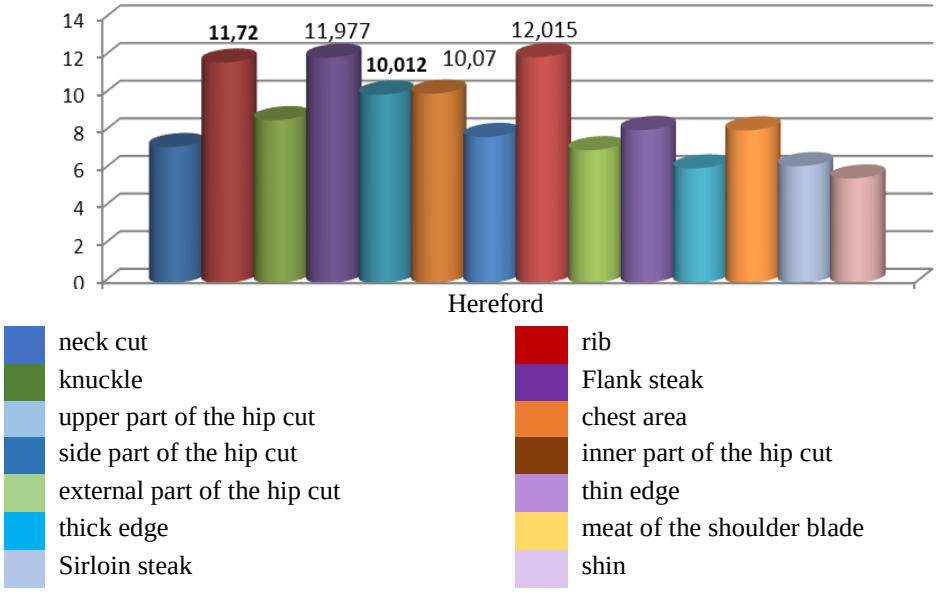


Fig. 3. Replaceable amino acids of Hereford cattle cuts, %

When examining the replaceable amino acids in 14 cuts of cattle of a Hereford breed of stall-fed, it was found that the amount of the above amino acids favorably differs in the following cuts: part of the hip cuts – 10.012±0.45%, chest area – 10.07±0.46%, rib – 11.72±0.49%, Flank steak – 11.977±0.51%, inner part of the hip cut – 12.015±0.52%.

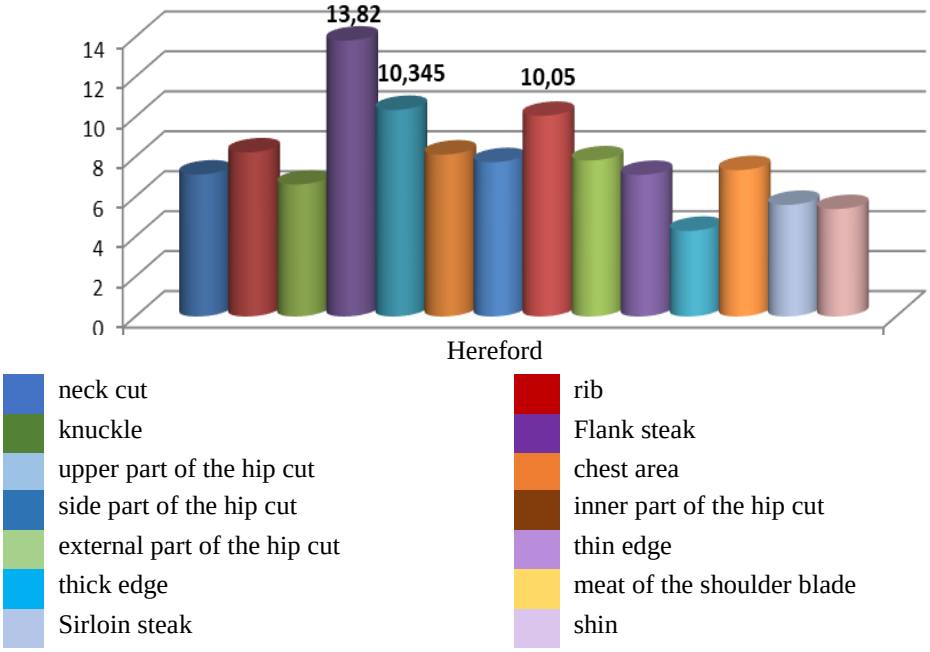


Fig. 4. Irreplaceable amino acids of Hereford cattle cuts, %

The result of studying the total amount of irreplaceable amino acids (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine,

threonine) in trade cattle cuts of different breeds found that by the number of irreplaceable amino acids the highest indicators for 3 cuts (inner part of the hip cut – 10.05±0.46%, upper part of the hip cut – 10.345±0.48%, Flank steak – 13.82±0.54). We analyzed the amino acid composition of beef from various literature sources near and far abroad. The results are in Table 1.

Table 1

Content of amino acids in beef (in % of the eatable part of product)

Name of amino acids	Sources			
	Amino acids % MedlinePlus Encyclopedia, 2015	"Merchandiser's Handbook: Food Taxonomy" www.comodity.ru	"Amino Acids in Human Nutrition" by Yu.A. Lysikov, State University Institute of Nutrition	Skurikhin I.M. "Tables of Chemical Composition and Caloric Content of Russian Foodstuffs".
Replaceable, in %:				
arginine	1.27	1.03	0.65	1.04
proline	0.7	0.7	0.68	0.69
serine	0.78	0.79	0.76	0.78
alanine	1.12	1.1	1.13	1.09
glycine	1.19	0.91	0.9	0.94
Irreplaceable, in %				
lysine	1.66	1.59	0.86	1.59
tyrosine	0.63	0.65	0.65	0.66
phenylalanine	0.77	0.71	0.45	0.8
histidine	0.63	0.45	0.3	0.71
leucine	1.56	1.48	0.87	1.48
isoleucine	0.89	0.78	0.45	0.78
methionine	0.51	0.44	0.32	0.45
valine	0.97	1.03	0.59	1.03
threonine	0.78	0.8	0.53	0.8
tryptophan	0.13	0.21	0.12	0.21
Total:				
Replaceable	5.06	4.53	4.12	4.54
Irreplaceable	8.53	8.14	5.14	8.51
general	13.59	12.76	9.26	13.05

In a study of the replaceable and irreplaceable amino acids in beef, based on various sources, we were able to find that almost identical figures in proline – 0.68-0.7%, serine – 0.76-0,79%, alanine – 1.09-1.13%, tyrosine – 0.63-0.66%; But there are also significant differences among the authors, for example, arginine – from 0.65 to 1.27%, lysine from 0.86 to 1.66% and Leucine from 0.87 to 1.56%. The highest indicator for total amino acid composition 13.59%, and the lowest – 9.26%.

Discussion of scientific results. Thus, studies of the total amount of essential amino acids (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine+isoleucine, methionine, valine, threonine) in commercial cuts of cattle of different breeds have given us the following indicators that the number of essential amino acids is highest in 3 cuts – inner part of the hip cut, upper part of the hip cut, flank steak. These studies allowed us to analyze the amino acid composition of beef according to various literature sources from near and far abroad.

Conclusion. Thus, we studied the amino acid composition of natural anatomical parts of the Auliekol, Kazakh white-headed and Gallovian cattle breeds. The study of replaceable amino acids (arginine, proline, serine, alanine, glycine) in cattle cuts of different breeds found that the number of the above amino acids favorably differs Kazakh white-headed breed in 7 cuts; Auliekol breed – 1; Galloway – 1. The result of studying the total amount of irreplaceable amino acids (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) in trade cattle cuts of different breeds found that the highest indicators for the number of irreplaceable amino acids in 5 cuts of Kazakh whitehead breed; Auliekol breed – 3; Galloway – 1.

We studied replacaeble (arginine, proline, serine, alanine, glycine) and irreplaceable (lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine + isoleucine, methionine, valine, threonine) amino acids in cuts of young cattle of Auliekol, Galloway and Hereford breeds of stall-fed. As a result, we determined that in terms of the number of the above-mentioned replaceable amino acids favourably differs Auliekol breed in 10 cuts: neck cut – 8.542%, rib – 12.24%, knuckle – 7.562% , chest area – 10.312%, inner part of the hip cut – 13.191%, thin edge – 7.377%, thick edge – 6.02%, meat of the shoulder blade – 7.812%, sirloin steak – 6.265%, shin – 5.633%), and the Galloway breed in 4 (Flank steak – 13.421%, upper part of the hip cut – 10.334%, side part of the hip cut – 8.41%, external part of the hip cut – 8.01%); irreplaceable amino acids are highest in 9 cuts of Auliekol breed (neck cut – 7.614%, rib – 7.991%, Flank steak – 14.716%, upper part of the hip cut – 10.219%, inner part of the hip cut – 10.32%, external part of the hip cut – 7.51%, thick edge – 4.83%, sirloin steak – 5.32%, shin – 4.883%) and 5 cuts of Galloway breed (knuckle – 6.84%, chest area – 9.602%, side part of the hip cut – 6.82%, thin edge – 7.15%, meat of the shoulder blade – 7.13%).

References

1. Gálvez F., Maggiolino A., Domínguez R., Pateiro M., Gil S., De Palo P., .Lorenzo J.M. Nutritional and meat quality characteristics of seven primal cuts from 9- month- old female veal calves: a preliminary study // Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019. Vol. 99, No. 6. P. 2947-2956. https://doi.org/10.1002/jsfa.9508.
2. Kenenbay G., Chomanov U., Tultabayeva T., Shoman A., Tultabayev N. Study of Sausage Products Prepared Using Biologically Active Additives from Sprouted Wheat and Cattle by Products // American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2024. Vol. 2, No. 19. P. 133-141. https://doi.org/10.3844/ajavsp.2024.133.141.
3. Zhamekova Zh., Chomanov U. Development of a technological scheme for cutting and deboning veal carcasses with international standards // The Journal of Almaty Technological University, 2024. Vol. 1, No. 143. P. 45-52, [in Kazakh] https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-1-45-52.
4. Akhmetova V., Balji Y., Kandalina Y., Issayeva K., Zamaratskaia G. Self-reported consumption frequency of meat and fish products among young adults in Kazakhstan // Nutrition and Health, 2024. Vol. 2, No. 30. P. 309-318. https://doi.org/10.1177/0260106022111423.
5. Uzakov Y.M., Yessengaziyeva A.N., Kaimbayeva L.A., Chernukha I.M., Kaldarbekova M.A., Kozhahieva M.O. The Effect Of Hydrolysis Of The Enzyme Protepsin On The Ph And Moisture Binding Capacity Of Second-Rate Beef // The Journal of Almaty Technological University, 2022. No. 2. P. 97-101, [in Kazakh] https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-1-97-101.
6. Jumabekova G., Erzhigitov E., Serikkyzy M., Chendagulova M., Mamaeva L., Zetbek G. Investigation of the quality of semi-smoкed sausages in the haccp system

integrated by enterprises on the manufacture of meat and meat production // The Journal of Almaty Technological University, 2019 No. 1. P. 16-20, [in Russian].

Material received on 02.04.24.

Ж.Ж. Жамекова[1], У. Чоманов[2], Ж.А. Искакова[1], Ж.А. Кусаинова[1], М.Ә-А. Қалдарбекова[3]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері Ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан
[3]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ЖАС ІРІ ҚАРА МАЛЫНЫҢ АНАТОМИЯЛЫҚ БӨЛІГІНІҢ АЛМАСТЫРҒЫШ АМИНҚЫШҚЫЛДАРЫН ЖӘНЕ АМИНҚЫШҚЫЛДАР КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Әулиекөл, галловей және герефорд тұқымдарынан жас ірі қара малдың табиғи анатомиялық бөлігінің алмастырғыш аминқышқылдары (аргинин, пролин, серин, аланин, глицин) және маңызды аминқышқылдары (лизин, тирозин, фенилиаланин, гистидин, лейцин + изолейцин, метионин, валин, треонин) зерттелінді. Зерттеу нәтижесінде әр түрлі тұқымды ірі қара малдың коммерциялық кебекіндегі алмастырылмайтын аминқышқылдарының (лизин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лейцин+изолейцин, метионин, валин, треонин) жалпы санын зерттеу нәтижелері алмастырылмайтын аминқышқылдарының саны бойынша ұшаның 3 бөлігінде ең жоғары көрсеткіш анықталды: жамбас кесуінің ішкі бөлігі – 10,05±0,46%, жамбас кесуінің жоғарғы бөлігі – 10,345±0,48%, Пашина – 13,82±0,54.

Тірек сөздер: амин қышқылдары, кесектер, ұшаларды мүшелеу, сойыс салмағы, ірі қара малдың төлі.

Ж.Ж. Жамекова[1], У. Чоманов[2], Ж.А. Искакова[1], Ж.А. Кусаинова[1], М.А-А. Калдарбекова[3]

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан
[3]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАМЕНИМЫХ И НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В ОТРУБАХ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация. В статье представлены результаты исследования заменимых (аргинин, пролин, серин, аланин, глицин) и незаменимых (лизин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лейцин + изолейцин, метионин, валин, треонин) аминокислот в отрубах молодняка крупного рогатого скота аулиекольской, галловейской и герефордской породы стойлового откорма. Результаты изучения общего количества незаменимых аминокислот (лизин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лейцин+изолейцин, метионин, валин, треонин) в торговых отрубах КРС различных пород установили, что по количеству незаменимых аминокислот самые высокие показатели у 3 отрубов: внутренняя часть тазобедренного отруба – 10,05±0,46%, верхняя часть тазобедренного отруба – 10,345±0,48%, пашина – 13,82±0,54.

Ключевые слова: аминокислоты, отрубы, разделка туш, убойный вес, молодняк крупного рогатого скота.

IRSTI 65.59.15

Ya. Uzakov[1] – *main author*,
M. Kozhakhiyeva[2], M. Kaldarbekova[3], K. Makangali[4]

[1]Doctor of Technical Sciences, [2,3,4]PhD, Senior Lecturer

ORCID
[1]https://orcid.org/0009-0001-2878-7170 [2]https://orcid.org/0000-0001-5767-5154
[3]https://orcid.org/0000-0002-0103-307X [4]https://orcid.org/0000-0003-4128-6482

[1,2,3]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[4]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

@ *[1]kaldarbekovam@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/MXFY1640

OPTIMIZATION OF PROTEIN HYDROLYSIS CONDITIONS TO INCREASE THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL VALUE OF SAUSAGES

Abstract. The study included control samples without the enzyme and experimental samples with the addition of 6 ml of the enzyme, hydrolyzed at temperatures of 30°C, 40°C and 50°C for 1, 2, 3 and 4 hours. The results showed that the introduction of the enzyme significantly increases the content of amine nitrogen, especially at a temperature of 40°C and a duration of 3 hours, which was determined as optimal conditions. Under these conditions, the maximum amine nitrogen content of 2.10 mg/g was achieved. The prototypes obtained under optimal conditions demonstrated excellent organoleptic and functional properties. The hydrolysate has good fluidity and uniform texture, which is important for its further use in food products. The introduction of hydrolysate into sausages can lead to a number of improvements, such as an increase in nutritional value by enriching the product with easily digestible amino acids and peptides, an improvement in texture due to moisture binding and an increase in viscosity, as well as an improvement in taste qualities without changing the traditional taste and appearance of the product.

Keywords: protein, wool by-products, processing, secondary meat products, enzymatic hydrolysis.

Uzakov Ya., Kozhakhiyeva M., Kaldarbekova M., Makangali K. Optimization of protein hydrolysis conditions to increase the nutritional and functional value of sausages // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.99-104. https://doi.org/10.55956/MXFY1640

Introduction. The study of amine nitrogen during the hydrolysis of the legs of cattle (cattle) to obtain protein hydrolysate is relevant for several reasons. Firstly, protein hydrolysates are widely used in the food industry, medicine and sports nutrition due to their high nutritional value and easy digestibility [1]. Secondly, the use of cattle legs, which are a byproduct of the meat industry, contributes to the rational use of resources and waste reduction [2]. An important aspect is that protein hydrolysis makes it possible to obtain peptides and amino acids, which can have various functional properties, including antioxidant and antimicrobial activity [3]. In addition, hydrolysis methods can affect the degree of

hydrolysis and the composition of amine nitrogen, which directly affects the quality of the final product [4].

To date, the study of optimal hydrolysis conditions, including the choice of enzymes and reaction conditions, is key to improving the efficiency of protein hydrolysate production [5]. It is also important to note that amine nitrogen is one of the important indicators reflecting the degree of hydrolysis and bioavailability of proteins [6]. In the context of growing demand for high-quality protein products, the development of effective methods for obtaining protein hydrolysates from cattle legs is of great importance. Moreover, such research can contribute to the creation of new products with improved functional properties, which meets current trends in healthy nutrition and sustainable development.

Materials and methods. The following were used as the starting material for the study: beef legs with a putty joint (purchased at the specialized butcher shop "Green Market" in Almaty), the enzyme BLT 7 (produced by the National Center of Biotechnology, Astana, Republic of Kazakhstan) and commercial Protease from Bacillus licheniformis (P4860, Sigma, Denmark). The PH value was determined using acid-base indicators according to GOST 51478-99. The mass fraction of proteins was determined according to GOST 25011-2017. The organoleptic assessment according to GOST 6658-2016 is based on determining the compliance of organoleptic indicators of product quality with the requirements of regulatory and technical documentation.

Research results. Enzymatic hydrolysis was carried out for 1,2,3,4 hours at a temperature of 30°C, 40°C, 50°C. To begin with, we weigh a 500 ml flask on the AMPUT brand electronic scales, then fill it with a sample of the product (crushed tissues of cooked beef legs) in the amount of 33 grams, evenly distributing the sample over the flask. Next, distilled water with a volume of 65 ml is poured, 1% is added with BLT 7 enzyme (in 2 flasks), PS. The fermentation time was determined according to objective indicators. It is mixed with a glass stick. Thus, we get 6 flasks with experimental samples. 2 experimental samples treated with 1% BLT 7 enzyme are placed in a TS-1/80 SPU thermostat preheated to 45°C. 4 experimental samples treated with 1% BLT 7 enzyme, and PS enzyme are placed in a Climo-Shaker ISF1-X brand shaker preheated to 45°C with 150 rpm (rpm). After the expiration of the time of 1, 2, 3, 4 hours of enzymatic hydrolysis, samples are taken into test tubes and centrifugation is carried out to separate particles from the solution at a temperature of 40°C for 30 minutes at a rate of 10.8 rcf using a Centrifuge 5415 R brand device. The determination of the dry matter content in the product under study is carried out by drying at a temperature of 90°C to a constant mass for 30 minutes using a VIBRA brand device (Fig. 1).

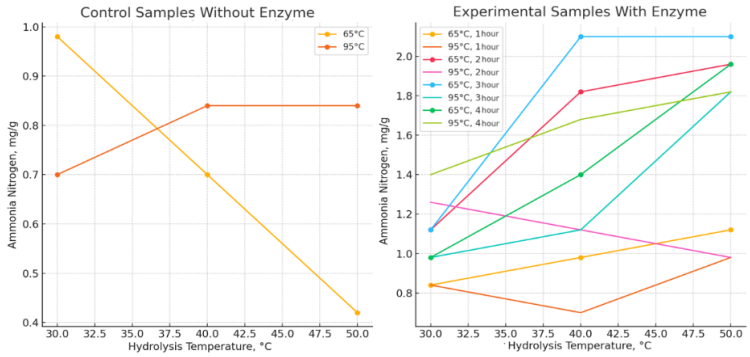


Fig. 1. Investigation of amine nitrogen in the obtained hydrolysates

To assess the depth of hydrolysis, the method of formal Serensen titration was used, which allows us to determine the content of amine nitrogen in samples. The experiment was carried out at different temperatures and duration of hydrolysis, both with and without the addition of the enzyme. For control samples hydrolyzed at a temperature of 65°C, a decrease in the content of amine nitrogen is observed with an increase in the hydrolysis temperature. At 95°C, the amine nitrogen content remains stable at temperatures of 40°C and 50°C. The addition of the enzyme significantly increases the content of amine nitrogen. At 65°C, the maximum content of amine nitrogen (2.10 mg/g) is achieved at 3 hours of hydrolysis and temperatures of 40°C and 50°C. At 95°C, the maximum content of amine nitrogen (1.82 mg/g) is achieved at 3 hours of hydrolysis and a temperature of 50°C. With longer periods of hydrolysis (3 hours), the maximum content of amine nitrogen is achieved.

Organoleptic studies have shown positive consumer properties of the resulting protein hydrolysate. Volumetric hygroscopic powder of homogeneous mass, pleasant light color, with a slight noticeable smell of raw materials. Based on the conducted research, a technological scheme for the production of protein hydrolysate from wool by-products is proposed (Fig. 2).

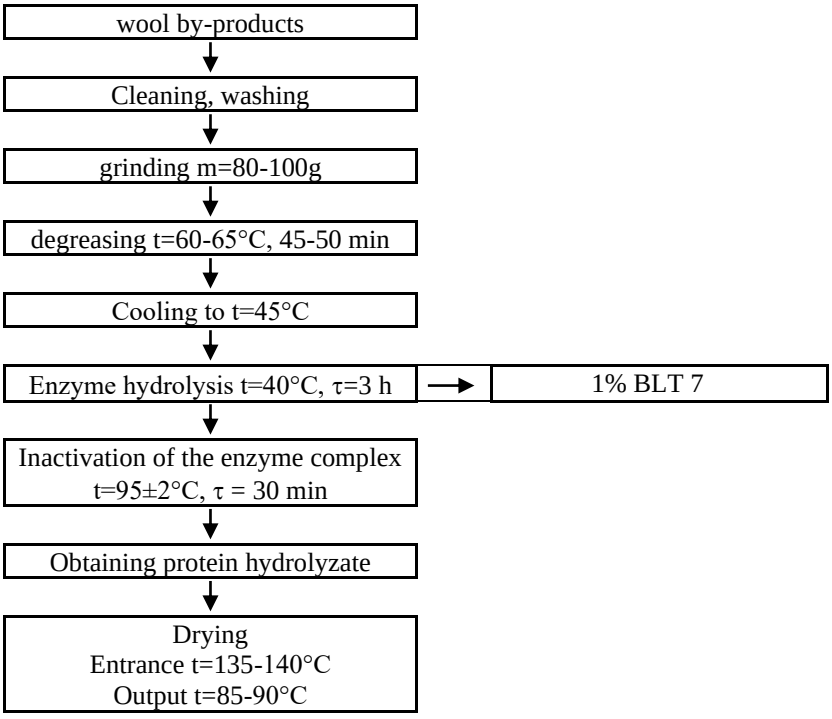


Fig. 2. Technology for the production of protein hydrolysate from wool by-products

During the hydrolysis of meat and bone raw materials, one of the main criteria is fat content, with a fat content of 15-20%, the process of obtaining protein hydrolysates becomes more complicated. One of the most common ways to degrease bones is heat treatment. Heating the raw materials denatures the proteins, making it easier to extract fat from the bones. During experimental studies, the shins of horses, cows, and sheep are stored at a temperature of 0-6°C and, no later than 8 hours after cleaning from bones, they are handed over for degreasing. If

necessary, these secondary products can be stored at a temperature of -18°C for no more than two months. Taking into account the peculiarities of the preparation of raw materials, the technological process was processed and a technological scheme for obtaining protein hydrolysate was proposed.

Samples of cow, horse and sheep paws were selected for experimental studies. As the optimal criteria for choosing an enzyme preparation for the purpose of shin hydrolysis, the pH value was determined to reflect the activity (pH 7-9) corresponding to the range of raw solutions containing collagen. According to the instructions for use of the enzyme preparation Bacillus licheniformis, the home proteolytic enzyme BLT 7 (Bacillus licheniformis) and the commercial protease Bacillus licheniformis have an optimal pH value of 7.5. the temperature optimum for both enzyme preparations is 45°C.To study the effect of enzyme preparations on connective tissue raw materials, beef, horse and sheep shins processed using traditional processing technology of meat and bone by-products used in meat processing enterprises were used. The shins are cut with a band saw into discs 15-20 mm wide and weighing 80-100 g. Since the reaction of enzymatic hydrolysis of proteins in an aqueous medium occurs on the basis of literature data, in this dissertation work it was decided to degrease meat bone raw materials in a wet way. 200 ml of distilled water was added to 100 g of shin and the suspension was heated at a temperature of 60-65°C for 40-45 minutes. Waste oil was isolated. The fat-free bones were separated, and the meat part was sent to a fermentation container.

These results show the same effect as the commercial PS enzyme and the BLT 7 enzyme extract. Examination of control and experimental samples (determination of pH). Studies have shown that a processed enzyme extract of 1% BLT7 and commercial PS were achieved for protein hydrolysis after 3 hours in all samples. When the hydrolysis time was increased by more than 3 hours, the samples had a foreign odor. Thus, as a result of a series of experiments, 1% BLT 7 was selected as an enzyme extract for the production of protein hydrolysate. After completion of the hydrolysis process, the substrate is heated to a temperature of 95 ± 2°C for 30 minutes to inactivate the enzymes and thermocoagulate the residual protein. The resulting protein hydrolysate is filtered and sent to dry. The drying of the hydrolysate was carried out on a spray dryer Spray Dryer NSP-1500. Mode: drying temperature is 135-140°C at the inlet and 85-90°C at the outlet. The results of the organoleptic evaluation of protein hydrolysate are presented in Table 1.

Table 1

Results of organoleptic evaluation of protein hydrolysate

Name of indicators	Description
Appearance	Dry product with hygroscopic uniform powder-like consistency
Colour	Light blond color
Smell	The smell of the resulting raw materials is characteristic, not pronounced

Thus, the effectiveness of using 1% BLT 7 as an enzyme extract preparation is justified, which ensures the hydrolysis of beef leg proteins. The technological scheme for obtaining protein hydrolysate from wool by-products has been improved and proposed.

Discussion of scientific results. The resulting hydrolysate has good flowability and uniform texture, which is important for its further use in food

products. Hygroscopicity indicates the ability of the product to absorb moisture from the environment, which may require additional packaging to prevent clumping. The light color of the hydrolysate indicates minimal changes in proteins and the absence of significant thermal effects that could lead to darkening of the product. This is a positive indicator, since the light color facilitates the use of hydrolysate in various food products without changing their appearance. The unobtrusive smell is a positive quality, as it allows the use of hydrolysate in a wide range of food products without the risk of changing their flavor. This is especially important for products where preserving the original taste and smell is critical.

Protein hydrolysate obtained under optimal conditions (40°C, 3 hours, 2.10 mg/g of amine nitrogen) has high functional and organoleptic properties, which makes it an excellent additive to sausage products. The introduction of hydrolysate into the sausage formulation can lead to the following improvements, such as: increased nutritional value: hydrolysate enriches the product with easily digestible amino acids and peptides, improving its biological value; texture improvement: hydrolysate can help improve the texture of sausages by binding moisture and increasing viscosity; improved taste qualities: the unobtrusive smell and light color of the hydrolysate allow it to be used in sausages without changing their traditional taste and appearance.

Conclusion. The study showed that the introduction of the enzyme significantly increases the efficiency of protein hydrolysis. The optimal conditions for the hydrolysis of protein hydrolysate from the legs with a putty joint of cattle were determined as a temperature of 40°C and a duration of 3 hours, at which the maximum amine nitrogen content of 2.10 mg/g is achieved. This hydrolysate can be effectively used in sausage products to improve its nutritional and functional properties.

References

1. Liceaga A.M., Hall F. Nutritional, Functional and Bioactive Protein Hydrolysates // Encyclopedia of Food Chemistry, 2019. No. 1. P. 456–464. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21776-9.
2. Hall F.G., Liceaga A.M. Isolation and proteomic characterization of tropomyosin extracted from edible insect protein // Food Chemistry: Molecular Sciences, 2021. No. 3. P. 100049. https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100049.
3. Hou Y., Wu Z., Dai Z., Wang G., Wu G. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance // Journal of Animal Science and Biotechnology, 2017. No. 8. P. 541-552. https://doi.org/10.1186/s40104-017-0153-9.
4. Zhang Y., Chen R., Chen X., Zeng Z., Ma H., Chen S. Dipeptidyl Peptidase IV-Inhibitory Peptides Derived from Silver Carp (Hypophthalmichthys molitrix Val.) Proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016. Vol. 4, No. 64. P. 831-839. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05429.
5. Uzakov Y.M., Yesengazieva A.N., Kaymbayeva L.A., Chernukha I.M., Kaldarbekova M.A-A., Kokhahieva M.O. The effect of the hydrolysis of the enzyme prothepsin on Ph and moisture-binding capacity of second-grade beef // Vestnik ATU [Bulletin of Almaty Technological University], 2022. No. 2. P. 97-101. https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-1-97-101.
6. Dzhumabekova G.Sh., Erzhigitov E.S., Serikkyzy M.S., Chendagulova M.K., Mamaeva L.A., Zetbek G.S. Study of the quality of semi-smoked sausages at enterprises for the production of meat and meat products with an implemented HACCP system // Vestnik ATU [Bulletin of Almaty Technological University], 2019. No. 1. P. 16-20. https://www.vestnik-atu.kz/jour/article/view/145.

Material received on 02.04.24.

Gratitude, conflict of interest (financing). *This research is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (AP19680380).*

Я.М. Ұзақов[1], М.О. Кожахиева[1], М.Ә. Қалдарбекова[1], Қ.Қ. Мақанғали[2]

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

ШҰЖЫҚТАРДЫҢ ТАҒАМДЫҚ ЖӘНЕ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ ҮШІН АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗІНІҢ ШАРТТАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Зерттеуге 1, 2, 3 және 4 сағат ішінде 30°C, 40°C және 50°C температурада гидролизденетін 6 мл фермент қосылған ферментсіз бақылау үлгілері мен прототиптер кірді. Нәтижелер ферментті еңгізу амин азотының құрамын айтарлықтай арттыратынын көрсетті, әсіресе 40°C температурада және ұзақтығы 3 сағат – оңтайлы жағдайлар ретінде анықталды. Бұл жағдайда амин азотының максималды мөлшері 2,10 мг/г құрайды. Оңтайлы жағдайларда алынған прототиптер керемет органолептикалық және функционалдық қасиеттерді көрсетті. Гидролизат жақсы сұйықтыққа және біркелкі құрылымға ие, бұл оны тамақ өнімдерінде одан әрі пайдалану үшін маңызды. Шұжықтарға гидролизатты енгізу өнімді оңай сіңетін аминқышқылдары мен пептидтермен байыту арқылы тағамдық құндылығын арттыру, ылғалды байланыстыру және тұтқырлықты арттыру арқылы құрылымды жақсарту және өнімнің дәстүрлі дәмі мен сыртқы түрін өзгертпестен дәмді жақсарту сияқты бірқатар жақсартуларға әкелуі мүмкін.

Тірек сөздер: ақуыз, жүнді субөнімдер, өңдеу, қайталама ет өнімдері, ферментативті гидролиз.

Я.М. Узаков[1], М.О. Кожахиева[1], М.А. Калдарбекова[1], К.К. Макангали[2]

[1]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[2]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ГИДРОЛИЗА БЕЛКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Исследование включало контрольные образцы без фермента и опытные образцы с добавлением 6 мл фермента, гидролизуемые при температурах 30°C, 40°C и 50°C в течение 1, 2, 3 и 4 часов. Результаты показали, что введение фермента значительно повышает содержание аминного азота, особенно при температуре 40°C и продолжительности 3 часа, что было определено как оптимальные условия. При этих условиях достигнуто максимальное содержание аминного азота 2,10 мг/г. Опытные образцы, полученные при оптимальных условиях, продемонстрировали отличные органолептические и функциональные свойства. Гидролизат обладает хорошей текучестью и однородной текстурой, что важно для его дальнейшего использования в пищевых продуктах. Введение гидролизата в колбасные изделия может привести к ряду улучшений, таких как повышение питательной ценности за счет обогащения продукта легко усваиваемыми аминокислотами и пептидами, улучшение текстуры благодаря связыванию влаги и увеличению вязкости, а также улучшение вкусовых качеств без изменения традиционного вкуса и внешнего вида продукта.

Ключевые слова: протеин, шерстные субпродукты, переработка, вторичные мясные продукты, ферментативный гидролиз.

МРНТИ 67.09.33

С.К. Нурпеисов[1]- *основной автор,*
А.К. Медетов[2], Н.Т. Карабаев[3]

[1]Канд. техн. наук, [2,3]Магистр, ст. преподаватель

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0001-8827-8530 [2]https://orcid.org/0000-0002-5814-9874
[3]https://orcid.org/0000-0001-6382-6617

[1,2,3]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати
г. Тараз, Казахстан
[1]knurlan68@mail.ru

https://doi.org/10.55956/LTXA8136

БЕТОНОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТОШЛАКОВЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассмотрена возможность получения цементобетона с электротермофосфорношлаковыми заполнителями и наполнителями, и дальнейшей пропиткой бетона ненасыщенными полиэфирами для защиты его от водно-воздушных и агрессивных воздействий и увеличения срока службы. Что является одним из путей развития современной индустрии строительных материалов, позволяющей повысить их долговечность и дает значительный экономический эффект.

Ключевые слова: электротермофосфорный шлак, ненасыщенная полиэфирная смола, полимер, морозостойкость, гипериз.

Нурпеисов, С.К. Бетонополимеры на основе цементошлаковых бетонов [Текст] / С.К. Нурпеисов, А.К. Медетов, Н.Т. Карабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.105-111. https://doi.org/10.55956/LTXA8136

Введение. Многолетняя история строительства показывает, что главными материалами – являются железобетон и бетон. Вышеприведенные материалы прекрасно работают и долго сохраняют свои эксплуатационные характеристики при нормальных условиях работы. Воздействие таких природных и антропогенных факторов как: замораживание и оттаивание, увлажнение и высыхание, влияние химических и биологически агрессивных сред являются основными причинами вызывающими нарушение структуры и тем самым разрушение бетона и железобетона. Одним из путей решения этой проблемы являются разработка материалов и технологий направленных на повышение физико-технических характеристик создаваемых конструкций и сооружений и тем самым увеличение долговечности и срока службы. Одним из таких материалов, получивших широкое развитие являются бетонополимеры.

Бетоны поры которых пропитаны различными видами полимеров, называются бетонополимерами. Разработка технологии, изучение структуры и свойств, а также определение рациональной области применения конкретных полимеров были получены с широким развитием

промышленности полимерных материалов, примерно в 50-60-е годы двадцатого века.

В зависимости от используемого вида пропитанного материала различают: бетонополимеры на основе искусственных полимерных связующих (метилметакрилат, стирол, полиэфирные, эпоксидные связующие материалы и т.д.); бетоны где в качестве связующих материалов используются вязкие пропитывающие материалы типа дегти, битумы, парафин и т.д.; бетоны пропитанные серными композициями, мастиками, а также жидким стеклом и некоторыми другими составами [1,2].

Наиболее широкое распространение в качестве пропитывающих материалов для получения бетонополимеров получили полимеры: фурановые, фенольные, эпоксидные, акрилатные, полиэфирные, а также их модификации [3,4].

Нами в качестве пропитывающего состава были приняты ненасыщенные полиэфирные смолы. Отличительным свойствами ненасыщенных полиэфирных смол является способность к отверждению, как при комнатной температуре, так и при температуре 60-80°С. Наибольшее применение в строительной индустрии нашли смолы ЭД-20, ЭД-32, ПН-1, ПН-3, ФАМ, ПН-62, ПН-19 и др.

Условия и методы исследования. Широко используемыми и доступной по цене и свойствам является ненасыщенная полиэфирмалеинатная смола ПН-1, которая была использована нами в качестве пропитывающего материала. Полиэфирная смола ПН-1 представляет собой высоковязкую жидкость желто-коричневого цвета (стирольный раствор). Основные свойства неотвержденной и отвержденной ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Главные характеристики связующего ПН-1

Показатели	Ед.изм.	Кол-во
Неотвержденная		
Вязкость по ВЗ-1 (при +20°С)	°С	20-40
Средняя плотность (при +20°С)	кг/м^3	1130-1160
Жизнеспособность (при +20°С)	мин	55-115
Кислотное число	мг КОН/г	23-30
Содержание стирола	%	31-35
Отвержденная		
Средняя плотность (при +20°С)	кг/м^3	1200-1240
Усадка по объему	%	8,5-9,0
Нагрузки при разрушении: – сжатие; – изгиб; – растяжение.	 МПа МПа МПа	 95-145 72-109 44-72
Удельная вязкость	КДж/м^2	7-9
Теплостойкость определяемая по методике Мартенса	°С	44-54
Модуль упругости определяемая при изгибе	МПа	2150-2750
Твердость определяемая по методике Бринелля	МПа	135-175
Температура размягчения определяемая по прибору ВиКа	°С	79-109

Для исследования и в дальнейшем получения бетонополимера были изготовлены образцы 10×10×10 см на основе цементного вяжущего. Были использованы следующие материалы: портландцемент марки 400, в качестве щебня – электротермофосфорный шлак с наибольшей крупностью 10 мм, в качестве песка – электротермофосфорный шлак фракции до 5 мм.

Эксплуатационные и физико-технические механические свойства плотного фосфорного шлака указаны в таблице 2.

Таблица 2

Основные физико-механические свойства электротермофосфорного шлака

Показатели	Единица измерения	Величина
Средняя плотность	г/см^3	2,65-2,7
Истинная плотность	г/см^3	2,8-2,85
Объемная масса (насыпная)	кг/м^3	1400-1450
Пористость	%	0,5-1,0
Содержание зерен лещадной, игловатой и пластичной формы	%	9-11
Марка по пределу прочности на сжатии	МПа	92-120
Водопоглощение	%	1-3
Морозостойкость	цикл	100

Подбор составляющих бетонной смеси для дальнейшего получения бетонополимера осуществлялся согласно следующих требований:

– технологичность получения;

– особенности структуры, которые определяют окончательные показатели современного композиционного материала – бетонополимера.

Огромное значение в технологии имеют свойства, в меньшей мере важные при обычной технологии бетонных и железобетонных изделий. В следствие этого роль заполнителя, который имеет второстепенное значение при формировании свойств бетона, в исследуемых бетонополимерах возрастает, что дает возможность использовать структуру и технические характеристики заполнителя (форма зерен, прочность и др., приведены в таблице 2).

Результаты исследования и их обсуждение. Для получения бетонополимеров были изготовлены образцы, где в качестве песка и щебня использовались электротермофосфорные шлаки АО «Казфосфат» следующих составов (табл. 3).

Таблица 3

Составы бетонов и расходы материалов, кг на 1 м^3 бетона

Составы	В/Ц$_{затв}$	Цемент	Вода	Песок	Щебень
1	0,37	385	143	600	1350
2	0,5	322	163	635	1310
3	0,63	278	177	660	1275
4	0,29	577	170	405	1310
5	0,42	484	202	520	1180
6	0,54	416	224	555	1140

Полученные образцы через 24 часа набора прочности в формах, распалубили и хранили в течении 28 суток при нормальных условиях – (20±2)^{o}С до набора марочной прочности.

После достижения образцов бетона заданной прочности (после 28 суток) с целью подготовки образцов к пропитке была произведена сушка образцов согласно графика (рис. 1).

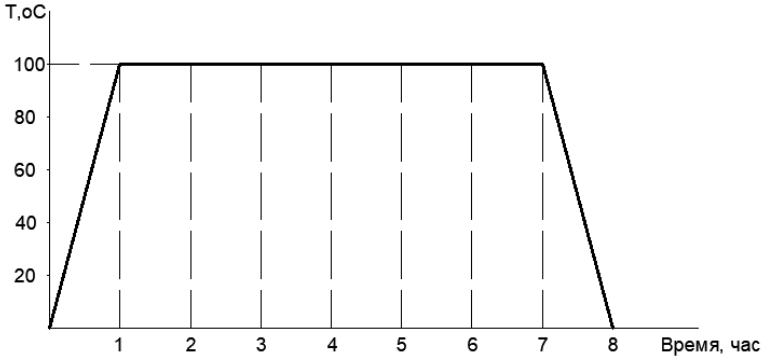


Рис. 1. Режим сушки образцов бетона

Сушка осуществлялась до остаточного содержания свободной воды в бетоне 0,1-0,2% по массе. Общее время сушки: 8 часов: 1 час подъем температуры до 100°С, 6 часов выдержка образцов, 1 час медленное остывание.

Главной технологической операцией получения бетонополимеров служит пропитка бетона мономерами.

В зависимости от глубины и полноты пропитки бетона, зависят характеристики конечного изделия [5,6].

Технология пропитки традиционно осуществляется погружением изделия на основе цементных вяжущих в расвор мономера.

Также нашли применение и другие альтернативные методы, которые применяются при поверхностной пропитке бетона (разлив мономера по поверхности, пропитка изделий пористой средой, многократная технология покраски и т.д.).

Свойства конечного продукта – бетонополимера в технологии пропитки во многом зависят от исходных характристик бетона и пропитывающей жидкости.

Кроме наиболее часто применяемой полной пропитки для придания изделиям повышенной прочности или приобретения специальных свойств возможно применение поверхностной пропитки на определенную глубину, что повышает долговечность образцов и стабилизацию полученных свойств во времени.

Нами при пропитке бетонных образцов выбран следующий режим технологии пропитки и отверждения образцов мономерами. При исследовании была применена ненасыщенная полиэфирная смола ПН-1 в качестве мономера, в качестве отвердителя был выбран гипериз (гидроперекись изопропилбензола), а инициатором отверждения – нафтенат кобальта. В мономер с температурой (30±2)°С были погружены образцы бетона, время пропитки – 4 часа.

После пропитки образцы поместили в сушильный шкаф при температуре 60°С, на 4 часа для отверждения мономера.

Готовые образцы бетонополимера были исследованы с целью определения состава образцов на количество пропитанного мономера и водопоглощение (табл. 4).

Таблица 4.

Влияние состава бетона на свойства бетонополимера

Составы	1	2	3	4	5	6
Привес мономера, %	0,35	0,41	0,74	3,4	4,6	6,1
Водопоглощение % по массе	6,2	3,5	2,81	1,7	0,96	0,74

С целью сравнения физико-механических характеристик полученных бетона и бетонополимера и выдачи рекомендаций в областях использования были проведены испытания образцов (табл. 5).

Таблица 5.

Физико-механические свойства бетонополимера и исходного бетона

Характеристики	Бетонополимер	Исходный бетонный образец
Предел прочности при сжатии, МПа Предел прочности при изгибе, МПа	60-100 12-20	30-40 3-5
Истираемость, г/см^2	0,11	0,28
Водопоглощение, %	0,1-6,5	3-8
Морозостойкость, цикл	500	200
Химическая стойкость в среде серной кислоты: - 5%; - 20%.	 0,94 0,86	 0,81 0,62

Заключение. Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

При пропитке цементошлакобетона ненасыщенным полиэфиром происходит многократное повышение его непроницаемости за счет проникновения пропитывающего компонента в его открытые и закрытые поры тем самым снижая дефектность полученного материала.

Уменьшение в бетонополимере объема закрытых и открытых пор за счет пропитки позволило уменьшить водопоглощение в 2,5-3 раза и увеличить морозостойкость в 2,5 раза (500 циклов).

Анализируя результаты испытания образцов, при определении прочностных характеристик были выявлены следующие процессы. Если у образцов непропитанного шлакобетона разрушение происходило в зонах плотного контакта заполнителя и расворной части, а также по слабым частицам заполнителя, происходило постепенно и растянуто по времени то разрушение бетонополимерных образцов носило иной характер: образцы разрушались быстро, как у монолитных материалов, происходил разрыв частиц заполнителя и растворной части, с треском и разлетом частиц и осколков, поэтому испытуемые образцы бетонополимера были обернуты несколькими слоями полиэтиленовой пленки [2].

Вследствие этого пропитка шлакобетона полимером дала возможность увеличения прочностных характеристик бетонополимера в 2,5-3 раза.

Проведенные исследования пропитки шлакобетонов полимером свидетельствуют о перспективности использования для получения

бетонополимеров (в частности шлакобетона) различных отходов производственной деятельности и дальнейшие работы в этом направлении будут продолжены.

Список литературы

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1990. – 395с.
2. Баженов, Ю.М. Бетонополимеры [Текст] / Ю.М. Баженов. – Стройиздат, 1983. – 472с.
3. Баженов, Ю.М. Бетонополимерные материалы и изделия [Текст] / Ю.М. Баженов, Д.А.Угинчус, Г.А. Улитина. – Киев: Будивельник, 1978 – 88с.
4. Угинчус, Д.А. Высокопрочные бетонополимерные материалы [Текст] / Д.А.Угинчус. – Киев: Будивельник, 1978. – 40с.
5. Manson J.A. Modifications of concretes with polymers // Materials Science and Engineering, 1976. Vol. 25. P. 41-52.
6. Соломатов, В.И. Химическое сопротивление материалов. – 2-е изд., перераб. и дополн. [Текст] / В.И. Соломатов, В.П. Селяев, Ю.А. Соколова. – М.: РААСН, 2001. – 284 с.

Материал поступил в редакцию 18.03.24.

С.К. Нурпеисов[1], А.К. Медетов[1], Н.Т. Карабаев[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ЦЕМЕНТ-ҚОЖ БЕТОНДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН БЕТОНОПОЛИМЕРЛЕР

Аңдатпа. Мақалада цемент бетонын электротермофосформен бірақ толтырғыштарымен және де қож толтырғыштарымен алу мүмкіндігі қарастырылған. Сонымен қатар оны су-ауа және агрессивті әсерлерден қорғау және қызмет ету мерзімін ұзарту үшін қанықпаған полиэфирлермен бетонды одан әрі сіңдіру қарастырылған. Бұл олардың беріктігін арттыруға мүмкіндік беретін және айтарлықтай экономикалық әсер беретін заманауи құрылыс материалдары индустриясын дамыту жолдарының бірі болып табылады.

Тірек сөздер: электротермофосфор қожы, қанықпаған полиэфир шайыры, полимер, аязға төзімділік, гипериз.

S.K. Nurpeisov[1], A.K. Medetov[1], N.T. Karabaev[1]

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

CONCRETE POLYMERS BASED ON CEMENT-SLAG CONCRETES

Abstract. The article considers the possibility of obtaining cement concrete with electrothermophosphorus-slag aggregates and fillers, and further impregnation of concrete with unsaturated polyesters to protect it from water-air and aggressive influences and increase its service life.

Which is one of the ways of development of modern industry of building materials, allowing to increase their durability and gives a significant economic effect.

Keywords: electrothermophosphoric slag, unsaturated polyester resin, polymer, frost resistance, hyperiz.

References

1. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betony [Modified concrete]. – Moscow: Construction Publishing House, 1990 – 395 p., [in Russian].
2. Bazhenov YU.M. Betonopolimery [Concrete polymers]. – Construction Publishing House, 1983 – 472 p., [in Russian].
3. Bazhenov YU.M., Uginchus D.A., Ulitina G.A. Betonopolimernyye materialy i izdeliya [Concrete polymer materials and products]. – Kiyev: Budivel'nik, 1978 – 88 p., [in Russian].
4. Uginchus D.A. Vysokoprochnyye betonopolimernyye materialy [High-strength concrete-polymer materials]. – Kiyev: Budivel'nik, 1978 – 40 p., [in Russian].
5. Manson J.A. Modifications of concretes with polymers // Materials Science and Engineering, 1976. Vol. 25. P. 41-52.
6. Solomatov V.I., Selyayev V.P., Sokolova YU.A. Khimicheskoye soprotivleniye materialov. – 2-ye izd., pererab. i dopoln. [Chemical resistance of materials. – 2nd ed., revised. and additional]. – Moscow: RAASN, 2001 – 284 p., [in Russian].

IRSTI 67.09.33

R. Lukpanov[1] – *main author*,
**D. Dyussembinov[2], Zh. Zhantlessova[3], A. Altynbekova[4],
S. Yenkebayev[5], D. Tsygulyov[6], Zh.A. Shakhmov[7]**

[1,5,7]PhD, Professor, [2,6]PhD, Associate Professor, [3,4]PhD student

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0003-0085-9934 [2]https://orcid.org/0000-0001-6118-5238
[3]https://orcid.org/0000-0003-1010-9328 [4]https://orcid.org/0000-0002-2010-3715
[5]https://orcid.org/0000-0002-5984-9346 [6]https://orcid.org/0000-0002-7061-699X
[7]https://orcid.org/0000-0003-1680-5287

[1,2,3,4,5,6,7]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

[1]zhibek81@mail.ru

https://doi.org/10.55956/XATN3136

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF MICROSILICA ON THE STRENGTH OF CONCRETE USED IN THE COMPOSITION OF A TWO-COMPONENT MODIFIED ADDITIVE

Abstract. In modern construction, considerable attention is paid to the search for environmentally safe and cost-effective methods to improve the performance of concrete. This paper investigates the potential of a complex admixture developed on the basis of industrial wastes, in particular microsilica, phosphogypsum, soapstock and post-alcoholic bard for concrete modification. The aim of the study is to evaluate the effect of each component of the admixture on the transformation processes of concrete, especially on its strength characteristics. Laboratory tests were carried out on specimens with different microsilica content and the results showed that the maximum strength increase was achieved at a microsilica content of 20 % in relation to the cement mass. Further analysis revealed a decrease in strength performance when the microsilica content increased above 20 %, which may be due to the overabundance of silica in the binder composition.

Keywords: microsilica, phosphogypsum, soapstock, post-alcoholic bard, concrete modification, two-component modified additive.

Lukpanov R., Dyussembinov D., Zhantlessova Zh., Altynbekova A., Yenkebayev S., Tsygulyov D., Shakhmov Zh.A. Research on the influence of microsilica on the strength of concrete used in the composition of a two-component modified additive // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.112-121. https://doi.org/10.55956/XATN3136

Introduction. In the modern world, construction stands as one of the most pivotal sectors of the economy. Concrete, being the primary construction material, plays a key role in the erection of buildings and structures. However, concrete production is associated with several issues, such as:

1. High energy consumption. Cement production, the main component of concrete, is an energy-intensive process leading to significant greenhouse gas emissions.

2. Depletion of natural resources. Extraction and processing of raw materials for cement production negatively impact the environment.

3. Generation of waste. Concrete production generates a considerable amount of waste that needs to be disposed of [1].

In light of these challenges, the quest for environmentally friendly and economically viable solutions for concrete modification is a pressing issue. One promising approach to addressing this issue is the utilization of industrial by-products as additives to concrete [2].

This study proposes a comprehensive additive developed from industrial by-products:

- Microsilica (Ms) – by-product of metallurgical production;
- Phosphogypsum (PhG) – waste generated during phosphoric acid production;
- Soapstock (Sp) – residue from refined oil production;
- Distillery slop (PaB) – waste from alcohol production.

Utilizing industrial by-products as concrete additives offers several advantages:

1. Environmental sustainability: utilizing waste helps reduce the environmental burden.

2. Economic efficiency: waste utilization helps decrease the cost of concrete production.

3. Enhancement of concrete strength characteristics: additives can improve concrete properties such as compressive strength, flexural strength, and modulus of elasticity.

The research aims to evaluate the influence of each component of the additive on the transformative processes of concrete, particularly its strength characteristics [3]. In the first stage of the study, the influence of microsilica on the following aspects will be examined:

Compressive strength of concrete. The effect of microsilica on concrete compressive strength will be studied across various additive content ranges.

Flexural strength of concrete. The impact of microsilica on concrete flexural strength will be investigated across various additive content ranges.

Modulus of elasticity of concrete. The influence of microsilica on concrete modulus of elasticity will be explored across various additive content ranges.

Subsequent stages of the research will involve studying the influence of other additive components on concrete properties [4].

This work holds both theoretical and practical significance:

Theoretical significance. It involves studying the mechanisms through which the comprehensive additive affects the transformative processes of concrete.

Practical significance: It entails the development of a new type of additive that can be used to enhance concrete strength characteristics.

In the scope of this study, it is proposed to employ a comprehensive additive formulated from industrial by-products.

Composition of the additive:

Microsilica (Ms) – a by-product of metallurgical production; Phosphogypsum (PhG) – waste generated during phosphoric acid production; Soapstock (Sp) – residue from refined oil production; Distillery slop (PaB) – waste from alcohol production; Caustic soda (NaOH) – stabilizer. Microsilica, comprising a finely dispersed medium of active minerals, is incorporated into concrete to enhance its strength properties.

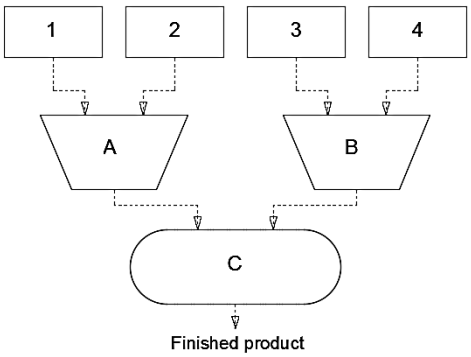
To improve workability and plasticity, distillery slop is added, which essentially acts as a surfactant [5]. In order to ensure mineralogical balance, phosphogypsum is introduced into the concrete mix, considering that microsilica contains up to 95% silica oxide. The application of soapstock, possessing a fatty acid composition, promotes volumetric hydrophobization of concrete [6]. A small amount of caustic soda is also added to the additive to alkalize the soapstock and retard its oxidation. As a result of employing this comprehensive additive, hydrophobic concrete with enhanced strength is obtained.

The objective of the research is to assess the influence of each component of the additive. This article presents the results of only the first stage of the study, which focuses on examining the effect of microsilica on the transformative processes of concrete, particularly its strength characteristics [7].

Materials and methods. The proposed additive consists of a composite mixture of industrial by-products, comprising liquid and solid phases. The solid phase (Component 1, C1) is represented by a dry mixture of microsilica, phosphogypsum, and neutralized soapstock, while the liquid phase (Component 2, C2) consists of distillery slop.

To enhance the strength properties of concrete, microsilica is introduced into its composition, which is a finely dispersed medium of active minerals. For better workability and plasticity, distillery slop, essentially serving as a surfactant, is added. To maintain mineralogical balance due to the addition of microsilica, which contains up to 95 % silica oxide, phosphogypsum is incorporated into the concrete mix. The inclusion of soapstock in the concrete composition contributes to its volumetric hydrophobization due to its fatty acid composition. Additionally, a small amount of caustic soda is added to the additive to alkalinize the soapstock and slow down its oxidation process. Ultimately, hydrophobic concrete with enhanced strength is obtained [8].

Figure 1 depicts the technological scheme of modified additive production.



1 – Microsilica, 2 – Phosphogypsum, 3 – Soapstock and Caustic Soda, 4 – Post-Alcohol Stillage, A, B – Mixer, C – Rotary Disperse.

Fig. 1. Technological stage of additive production

The production process involves two subsequent stages. In the first stage, preparation of the dry component of the additive is carried out, involving grinding, drying, and mixing of microsilica and phosphogypsum. Grinding of the components is necessary to obtain a homogeneous finely dispersed medium, maximizing their activity during concrete hydration. Drying is essential for precise component mass

selection and exclusion of unaccounted water in the additive composition. In the second stage, preparation of the liquid component of the additive is performed, involving precise mixing of soapstock with distillery slop and subsequent neutralization based on acidity [9].

Stage 1: (Preparation of the dry component): Mixing of microsilica and phosphogypsum in mixer A.

Stage 2: (Preparation of the liquid component): Mixing of soapstock, caustic soda, and stillage in mixer B.

Table 1 shows the variable compositions of the mixtures of the first stage of the study, exactly the compositions with different content of microsilica (Ms).

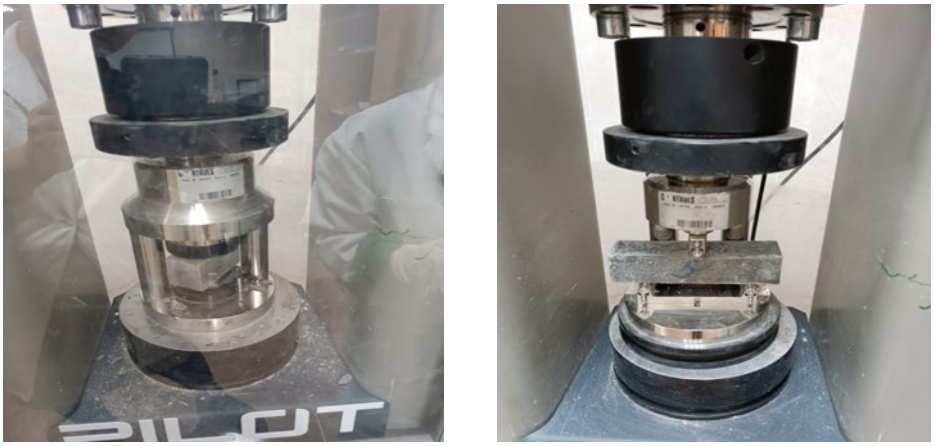
Table 1

Variant compositions of the studied mixtures

Type	Component content by weight, g							
	Sand	Cement	Ms	PhG	Sp	NaOH	PaB	Whater
Reference	1500	500	0	-	-	-	-	200
Ms=10%	1500	450	50	-	-	-	-	200
Ms=15%	1500	425	75	-	-	-	-	200
Ms=20%	1500	400	100	-	-	-	-	200
Ms=25%	1500	375	125	-	-	-	-	200

Variational substitution of microsilica from 10 to 25 % (multiples of 5 %) by mass of cement.

Evaluation of the strength properties of specimens under compression and bending was carried out according to the standard methodology of GOST 310.4 (Fig. 2). A comparison of the strength of specimens with a variable composition was performed to assess the optimal composition of the modified additive and evaluate its effectiveness. Comparing the strength properties of specimens with and without the additive will provide an assessment of the influence of additive components on concrete modification and its transformation in terms of strength improvement.

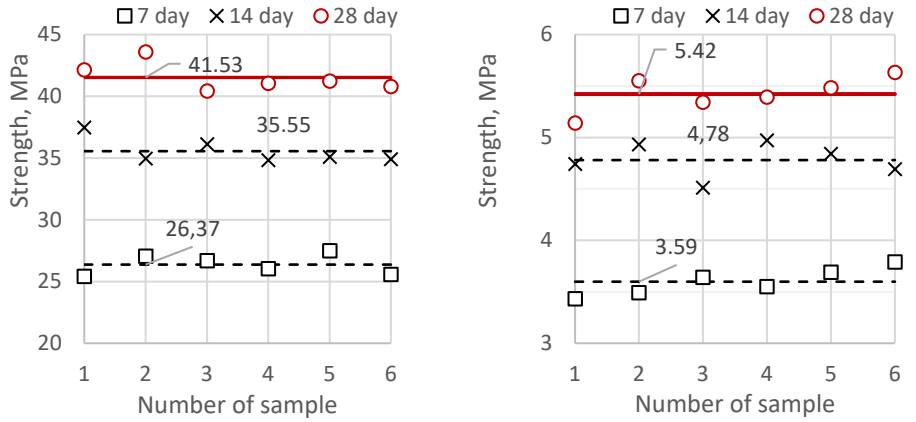


In compression In bending

Fig. 2. Conducting laboratory tests

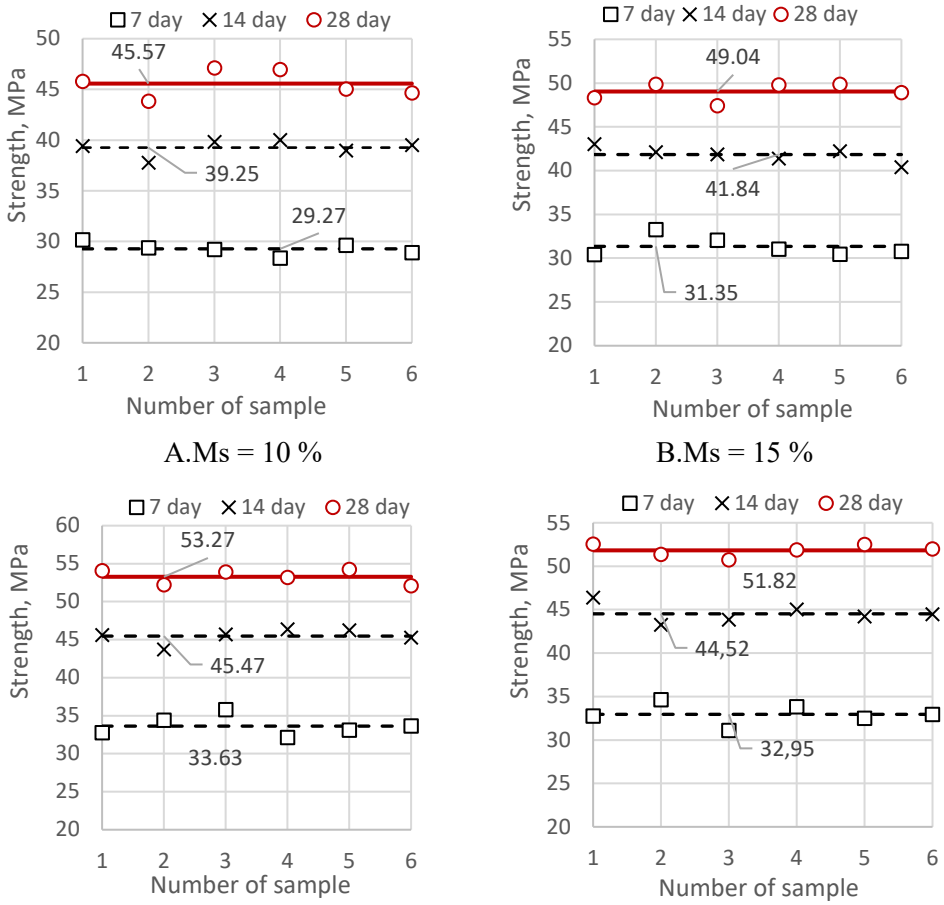
Research results. Figure 3 shows the test results of beam specimens for compressive strength (A) and flexural strength (B). Figure 4 and 5 show the same values for samples with different microsilica content Ms from 10 to 25 % (A-D).

The results are represented by the data points of strength indices as well as their average values (straight line).



A.Compression B.Bending

Fig. 3. Reference sample



A.Ms = 10 % B.Ms = 15 %

C.Ms = 20 % D.Ms = 25 %

Fig. 4. Test results of beam specimens under compression

The compressive strength of the reference sample (without additive) beam specimens averages: at 7 days old, 26.37 MPa; at 14 days old, 35.55 MPa; at 28 days old, 41.53 MPa. The flexural strength of the reference sample is: at 7 days old, 3.59 MPa; at 14 days old, 4.78 MPa; at 28 days old, 5.42 MPa.

The compressive strength for specimens with 10% microsilica (Ms) content was: at 7 days old, 29.27 MPa, exceeding the reference sample strength by 11.0 %; at 14 days old, exceeding the reference sample by 10.4 %, reaching 39.26 MPa; at 28 days old, 41.53 MPa, exceeding the reference sample by 9.7 %. Samples with 15 % Ms content showed the following strength characteristics: at 7 days old, 31.35 MPa, already exceeding the reference sample strength by 18.9 %; at 14 days old, exceeding the reference sample by 17.7 %, reaching 41.84 MPa; at 28 days old, 49.04 MPa, exceeding the reference sample by 18.1 %. For specimens with 20 % Ms content, the strength was: at 7 days old, 33.63 MPa, exceeding the reference sample strength by 27.5 %; at 14 days old, exceeding the reference sample by 27.9 %, reaching 45.47 MPa; at 28 days old, 53.27 MPa, exceeding the reference sample by 28.3 %. For specimens with 25 % Ms content: at 7 days old, 32.95 MPa, exceeding the reference sample strength by 24.9 %; at 14 days old, exceeding the reference sample by 25.2 %, reaching 44.52 MPa; at 28 days old, 51.83 MPa, exceeding the reference sample by 24.8 %.

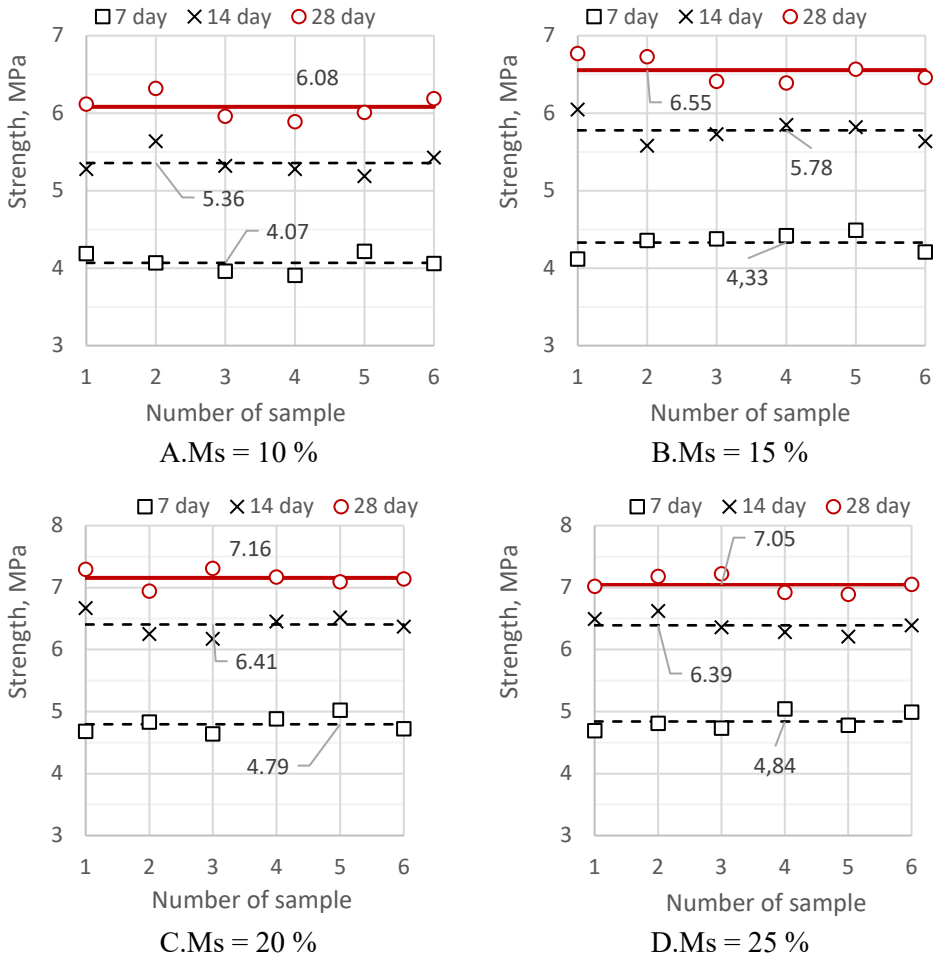
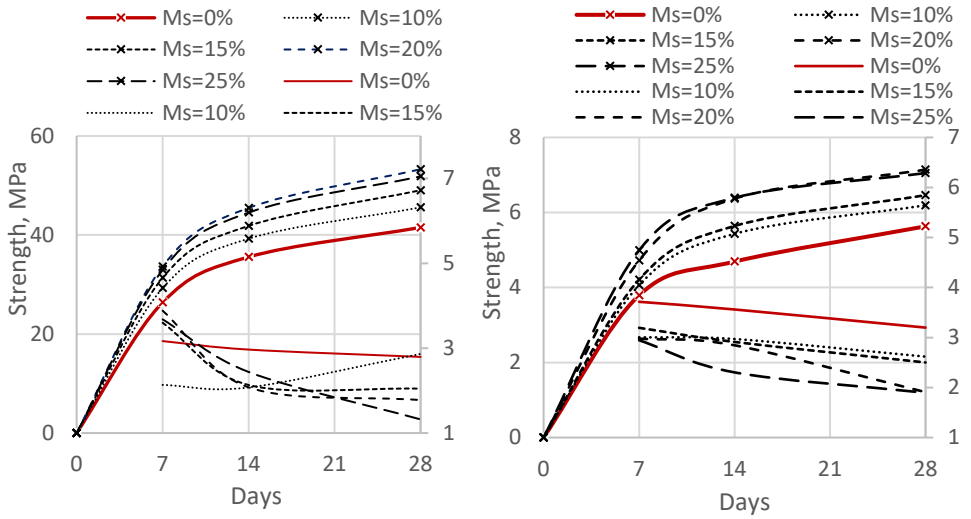


Fig. 5. Test results of beam specimens under bending

The flexural strength of specimens with 10% microsilica (Ms) content was: at 7 days old, 4.07 MPa, exceeding the reference sample strength by 7.1 %; at 14 days old, the strength was 5.43 MPa, surpassing the reference sample by 15.8 %; at 28 days old, 6.19 MPa, exceeding the reference sample by 9.9 %. Samples with 15 % Ms content showed the following strength characteristics: at 7 days old, 4.21 MPa, exceeding the reference sample strength by 11.1 %; at 14 days old, the strength surpassed the reference sample by 20.3%, reaching 5.64 MPa; at 28 days old, 6.46 MPa, surpassing the reference sample by 14.7 %. For specimens with 20 % Ms content, the strength was: at 7 days old, 4.72 MPa, exceeding the reference sample strength by 24.6 %; at 14 days old, the strength was 6.37 MPa, surpassing the reference sample by 35.8 %; at 28 days old, 7.14 MPa, exceeding the reference sample by 26.8 %. For specimens with 25 % Ms content: at 7 days old, 4.99 MPa, exceeding the reference sample strength by 31.6 %; at 14 days old, the strength was 6.37 MPa, surpassing the reference sample by 36.2 %; at 28 days old, 7.05 MPa, exceeding the reference sample by 25.2 %.

Figure 6. shows the comparison diagrams of the obtained strength characteristics, along with their corresponding coefficients of variation: A – compressive strength, B – flexural strength.

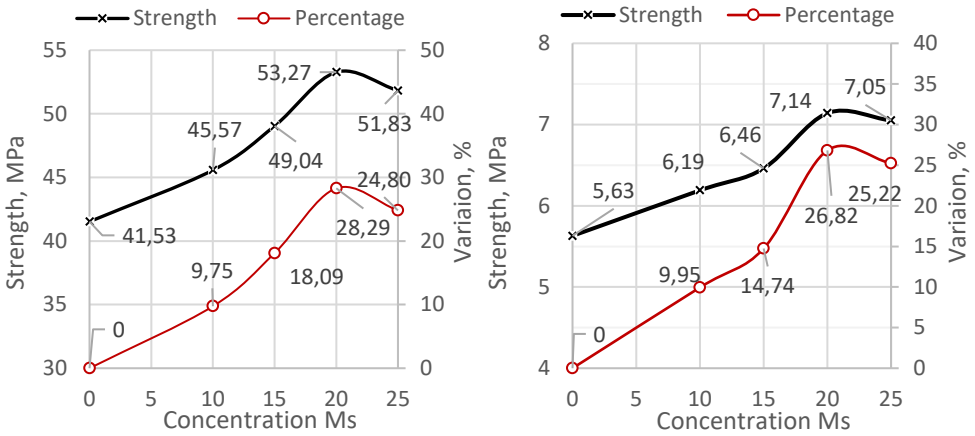


A.Compression B.Bending

Fig. 6. Comparative diagrams of strength characteristics

The comparative diagram reveals a noticeable influence of microsilica on the strength properties of concrete: all curves of specimens with the additive lie above the curve of the reference sample. The coefficients of variation, overall characterizing the close relationship between individual strength values, tend to stabilize the results as the strength of specimens accumulates. The coefficients of variation of compressive strengths range from 1.32% to 3.88%, while those of flexural strengths range from 1.89% to 3.71%.

Figure 7 depicts the changes in strength characteristics with varying microsilica content in the specimens: A – compressive strength, B – flexural strength.



A.Compression B.Bending

Fig. 7. Strength variation with microsilica content

According to the obtained diagrams, the maximum increase in strength, both in compression and in bending of the specimens, corresponds to a microsilica content of 20 % relative to cement. The peak compressive strength values reach 53.27 MPa, exceeding the reference sample strength by 28.29 %. The peak flexural strength values reach 7.14 MPa, surpassing the reference sample by 26.82 %. With a microsilica content exceeding 20 %, there is a decrease in strength, both in compression and in bending.

Discussion of scientific results. The observed increase in compressive and flexural strength with the addition of up to 20 % of microsilica can be attributed to pozzolanic reactions favoured by the high silica content of microsilica. Microsilica, consisting mainly of amorphous silica (SiO_2), reacts with calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$), a by-product of cement hydration, to form additional calcium silicate hydrates (C-S-H).

It is worth noting that the effects of microsilica on concrete properties can also depend on other factors, such as the water-to-binder ratio, curing conditions, and the presence of other supplementary cementitious materials or chemical admixtures. Careful optimization of the concrete mix design, taking into account the interactions between various components, is crucial to achieving the desired strength and durability characteristics.

In summary, the study's main result is that the maximum increase in both compressive and flexural strength of concrete was achieved with a 20 % microsilica content relative to the mass of cement. Further increases in microsilica content above 20 % resulted in a decrease in strength characteristics, suggesting an optimal range for the additive's composition.

Conclusion. Standard tests were conducted on beam specimens for both flexural and compressive strength. The tests were carried out on specimens with varying microsilica (Ms) content: 10 %, 15 %, 20 %, and 25 % by mass of cement.

According to the compressive strength test results, the maximum strength increase was observed in specimens with 20 % Ms content, while the reference sample exhibited the lowest strength. On average, the increase in strength relative to the reference sample, based on Ms content, was: 9.7 % for 10 % Ms content; 18.1 % for 15 % Ms content; 28.3 % for 20 % Ms content; and 24.8 % for 25 % Ms content.

However, when the Ms content exceeds 20%, there is a decrease in strength by 2.3% compared to the maximum average strength obtained with 20% Ms content.

The flexural strength test results showed a similar trend of strength increase. The maximum strength was also observed in specimens with 20% Ms content. On average, the increase in strength relative to the reference sample, based on Ms content, was: 9.9% for 10% Ms content; 14.7% for 15 % Ms content; 26.8% for 20% Ms content; and 25.2% for 25 % Ms content. A decrease in strength of specimens is also observed at high Ms concentrations (above 20 %): the strength values of specimens with 25% Ms content are 1.3% lower than those of specimens with 20% Ms content.

The coefficients of variation, overall characterizing the close relationship between individual strength values, tend to stabilize the results as the strength of specimens accumulates. The coefficients of variation for compressive strengths range from 1.32% to 3.88%, while those for flexural strengths range from 1.89% to 3.71%.

The decrease in strength may be attributed to the increase in silicon content in the cement composition, as the microsilica content consists of approximately 90% silicon and above. The application of up to 20% microsilica increases the silicon content in the percentage composition of alite and belite, improving the quality of the cement's mineralogical composition. However, an excess of silicon constituents leads to a decrease in the quality parameters of the binder.

References

1. Sandanayake M., M., Bouras Y., Haigh R., Vrcelj Z. Current sustainable trends of using waste materials in concrete – a decade review // Sustainability, 2020. Vol. 12, No. 22. P. 9622.
2. Singh R., Chaturvedi V., Chaurasiya A.K., Patel M. Utilization of industrial waste in concrete mixes – A review // International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Development. – Cham : Springer International Publishing, 2020. P. 77-97.
3. Bishetti P.N., Pammar L. Experimental study on utilization of industrial waste in concrete // International Journal of Technical Research and Applications, 2014. Vol. 2, No. 4. P. 49-52.
4. Lukpanov R., Dyussembinov D., Altynbekova A., Zhantlesova Z. Research of foam concrete components in the regional production conditions of Nur-Sultan // Technobius, 2022. Vol. 2, No. 3. P. 0023. https://doi.org/10.54355/tbus/2.3.2022.0023.
5. Lukpanov R., Dyussembinov D., Zhantlesova Z., Altynbekova A., Smoljaninov A. Approximative approach to optimize concrete foaming concentration in two stage foaming // Technobius, 2023. Vol. 3, No. 3. P. 0041. https://doi.org/10.54355/tbus/3.3.2023.0041.
6. Satova K.M., Zhumadina S.M., Abilova S.B., Mapitov N.B., Jaxylykova A.K. The content of heavy metals in the soils of the dry-steppe beskaragay ribbon-like pine forest and its pollution level // Rasayan Journal of Chemistry, 2020. Vol. 13, No. 3. P. 1627-1636.
7. Karabalayeva A., Ibadullayeva S., Nurumov B., Darzhuman G., Nazarov E., Sumatokhin S. Assessment of Biology Teacher Candidates' Attitudes and Competencies Toward Virtual Reality Applications // International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2023. Vol. 18, No. 18. P. 64-75. https://doi.org/10.3991/ijet.v18i18.43219.
8. Lukpanov R.E., Dyussembinov D.S., Altynbekova A.D., Yenkebayev S.B. Research on the Effect of Post-alcohol Bard on the Properties of the Cement-Sand Mixture // International Scientific Conference Industrial and Civil Construction. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2022. Vol. 436. P.107-113. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44432-6_14.
9. Ramamurthy K., Nambiar E.K.K., Ranjani G.I.S. A classification of studies on properties of foam concrete // Cement and concrete composites, 2009. Vol. 31, No. 6. P. 388-396.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19680068).

Material received on 04.04.24.

Р.Е. Лукпанов[1], Д.С. Дюсембинов[1], Ж.Б. Жантлесова[1], А.Д. Алтынбекова[1], С.Б. Енкебаев[1], Д.В. Цыгулев[1], Ж.А. Шахмов[1]

[1]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Казақстан

МИКРОСИЛИКАНЫҢ ЕКІ КОМПОНЕНТТІ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ҚОСПАНЫҢ ҚҰРАМЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН БЕТОННЫҢ БЕРІКТІГІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Қазіргі заманғы құрылыста бетонның өнімділігін арттырудың экологиялық қауіпсіз және үнемді әдістерін іздеуге көп көңіл бөлінеді. Бұл жұмыста өнеркәсіптік қалдықтар, атап айтқанда микросилика, фосфогипсум, сабын және алкогольден кейінгі бард негізінде бетонды модификациялау үшін жасалған күрделі қоспаның әлеуеті зерттелген. Зерттеудің мақсаты қоспаның әрбір құрамдас бөлігінің бетонның түрлену процестеріне, әсіресе оның беріктік сипаттамаларына әсерін бағалау болып табылады. Зертханалық зерттеулер микросиликаның құрамы әртүрлі үлгілерде жүргізілді және нәтижелер цемент массасына қатысты микросиликаның 20% мөлшерінде беріктіктің максималды жоғарылауына қол жеткізілгенін көрсетті. Әрі қарай жүргізілген талдау микросиликаның мөлшері 20 % - дан жоғары болған кезде беріктік көрсеткіштерінің төмендегенін көрсетті, бұл байланыстырғыш құрамындағы кремнеземнің артық болуына байланысты болуы мүмкін.

Тірек сөздер: микросилика, фосфогипс, сабын, алкогольден кейінгі бард, бетон модификациясы, екі компонентті модификацияланған қоспа.

Р.Е. Лукпанов[1], Д.С. Дюсембинов[1], Ж.Б. Жантлесова[1], А.Д. Алтынбекова[1], С.Б. Енкебаев[1], Д.В. Цыгулев[1], Ж.А. Шахмов[1]

[1]Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В СОСТАВЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДОБАВКИ

Аннотация. В современном строительстве значительное внимание уделяется поиску экологически безопасных и экономически эффективных методов улучшения эксплуатационных характеристик бетона. В данной статье исследуется потенциал комплексной добавки, разработанной на основе промышленных отходов, в частности микрокремнезема, фосфогипса, соапстока и послеспиртовой барды, для модификации бетона. Целью исследования является оценка влияния каждого компонента добавки на процессы трансформации бетона, особенно на его прочностные характеристики. Лабораторные испытания были проведены на образцах с различным содержанием микрокремнезема, и результаты показали, что максимальное повышение прочности было достигнуто при содержании микрокремнезема 20 % по отношению к массе цемента. Дальнейший анализ выявил снижение прочностных показателей при увеличении содержания микрокремнезема более чем на 20 %, что может быть связано с переизбытком кремнезема в составе связующего.

Ключевые слова: микрокремнезем, фосфогипс, соапсток, послеспиртовая барда, модификация бетона, двухкомпонентная модифицированная добавка.

МРНТИ 67.11.59

Ж.Е. Ескермесов[1] – *основной автор*,
Б.А. Карымсаков[2], И.К. Дуйсембаев[3]

[1]PhD, [2]Преподаватель, [3]Магистрант

[1]https://orcid.org/0000-0001-6464-2748 [2]https://orcid.org/0000-0002-9617-3066

[1,2,3]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

[1]zhe.eskermesov@dulaty.kz

©

https://doi.org/10.55956/YRWY2975

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ВЫСОКОПРОЧНАЯ СТАЛЬ И ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЙ ФИБРОБЕТОН

Аннотация. В работе испытаны высокопрочные бетоны со стальными и полипропиленовыми волокнами. Стальные волокна улучшают энергию разрушения и силу изгиба при температуре окружающей среды. При высоких температурах наблюдается снижение энергии разрушения и предельная прочность при изгибе.

Ключевые слова: бетон, сталь, здание, полипропилен, прочность на изгиб, энергия разрушения.

Ескермесов, Ж.Е. Высокотемпературная высокопрочная сталь и полипропиленовый фибробетон [Текст] / Ж.Е. Ескермесов, Б.А. Карымсаков, И.К. Дуйсембаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.122-128. https://doi.org/10.55956/YRWY2975

Введение. Известно, что бетон – это материал, у которого механические свойства улучшаются при комнатной температуре, но некоторые его свойства улучшаются при воздействии высоких температур [1-3]. Основные температурные эффекты связаны с химическими изменениями и выходом влаги в цементной среде, при образовании там микротрещин из-за температурных градиентов и деформационной несовместимости между заполнителями и цементной пастой.

Добавление стальных волокон в бетон повышает гибкость, энерго-поглощающую способность и жесткость [4]. Однако энергопоглощающая способность является основным свойством материалов, полученных с помощью армирующих волокон [5,6].

Условия и методы исследования. В данном исследовании изучается высокопрочный бетон, армированный волокнами для повышения прочности и пластичности при повышенных температурах. Добавление стальных и полипропиленовых волокон в бетон является одним из характеристик, значительно повышающих прочность и пластичность, уменьшающих растрескивание, улучшающих гибкость и увеличивающих поглощение энергии. Поэтому в данном исследовании оценивалась энергия разрушения различных высокопрочных фибровых материалов при низких и высоких температурах. Исследовались пять составов бетона, содержащих два типа стальных волокон (3.0 D и 5.0 D) (45,0 кг/м^3 и 75,0 кг/м^3) и 2 кг/м^3

полипропиленовых волокон. Энергия разрушения бетона измерялась при различных температурных уровнях (температура окружающей среды 300°C, 500°C и 700°C), с предварительной нагрузкой и без нее.

Процедура была выбрана следующая

1. Сначала взвешивают сырьё.
2. Затем укладывается бетонная смесь с заполнителем и цементом плюс 20% воды.
3. После этого добавляют более 40% воды в суперпластификатор в соответствии с требованиями к бетону.
4. Также добавляют известняковый заполнитель 20% воды, необходимой для бетонной смеси.
5. Стальные и полипропиленовые волокна добавляются вручную, понемногу, пока не будет достигнута хорошая однородность.
6. Наконец, добавляются оставшиеся 20% воды и продолжается перемешивание до получения однородной пасты.

Все бетонные смеси были изготовлены в один и тот же день, чтобы свести к минимуму возможное влияние температуры и влажности, которые могли бы в той или иной степени повлиять на составы бетона. Содержание влаги оказывает некоторое влияние на поведение бетона при повышенных температурах. Через двадцать восемь дней после заливки бетона измеряли содержание влаги в различных составах бетона. Были получены результаты для влажности RC, 3D_45, 3D_45, 5D_45 и 5D_75, 1,49%, 1,55%, 1,53%, 1,45% и 1,32% соответственно. Для каждого состава бетона оценивалась прочность на сжатие при температуре окружающей среды и в первый и последний день экспериментальных испытаний.

Экспериментальная программа включала пять различных составов высокопрочного фибробетона. Экспериментальная программа состояла из 97 испытаний на изгиб, проведенных при температуре окружающей среды и повышенной температуре.

В первом испытании на изгиб 57 образцов были испытаны без начальной нагрузки; во втором испытании на изгиб 40 образцов были испытаны для оценки влияния предварительной нагрузки на прочность при изгибе при повышенных температурах. Начальная предварительная нагрузка составляла 30% от средней предельной прочности бетона на изгиб при комнатной температуре. Было проведено три испытания для каждой часто используемой комбинации параметров.

Модель была изготовлена, сформирована и измерена как квадратная бетонная балка с поперечным сечением 150,0×150,0 мм и длиной 600 мм. Максимальный размер заполнителя составлял 18 мм, а длина волокон не превышала 60 мм. Бетон перемешивался в бетономешалке и заливался в квадратные формы для колонн. Во время уплотнения формы заполняются и шлифуются. Уплотнение проводилось на вибростоле.

Образцы извлекались через 36-48 часов. Затем образцы были оставлены на 2-3 недели при температуре 20°C (±5°C) при лабораторных условиях ниже 60% (±10%). В этот период образцы разрезали пилой. Каждый образец поворачивали на 90,0°C относительно поверхности отливки и разрезали до середины ширины образца (рис. 1). Ширина образца составляла 3 мм, а глубина – 25,0 мм.

Затем образцы выдерживались при температуре 20°C (±5°C), R до готовности к испытаниям; H хранились при ≤ 85% (±10%).

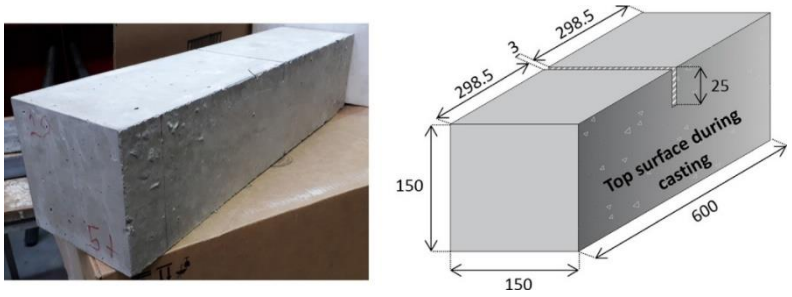


Рис. 1. Размер образца (мм) и место разреза

Для испытаний на термический изгиб без предварительной нагрузки образцы помещают в печь и нагревают до заданной температуры со скоростью 3°C/в минуту. После достижения требуемой температуры образец выдерживается при этой температуре в течение 60 минут для получения однородной массы. Затем образец нагружают в режиме управления сдвигом со скоростью 0,005 м/с до тех пор, пока нагрузка не достигнет нуля или не менее 10% от предельной нагрузки, определенной при испытании на изгиб.

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 2-4 приведены примеры изменения температуры со временем для образцов, нагретых до 300°C, 500°C и 700°C. Графики подтверждают, что все термопары достигли 300°C, 500°C и 700°C через 360 минут, 400 минут и 450 минут соответственно. Эти графики подтверждают, что температура (t*) всех термопар на поверхности бетона достигла 300°C, 500°C и 700°C через 360, 400 и 450 минут соответственно.

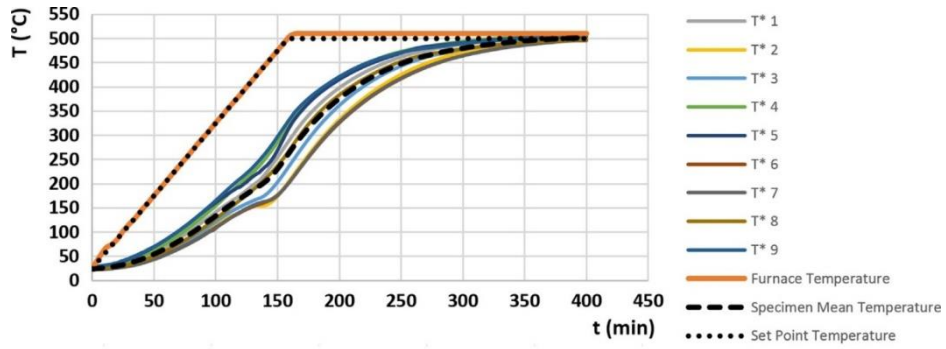


Рис. 2. Изменение температуры модели 3d_45_s24 для серии 300°C

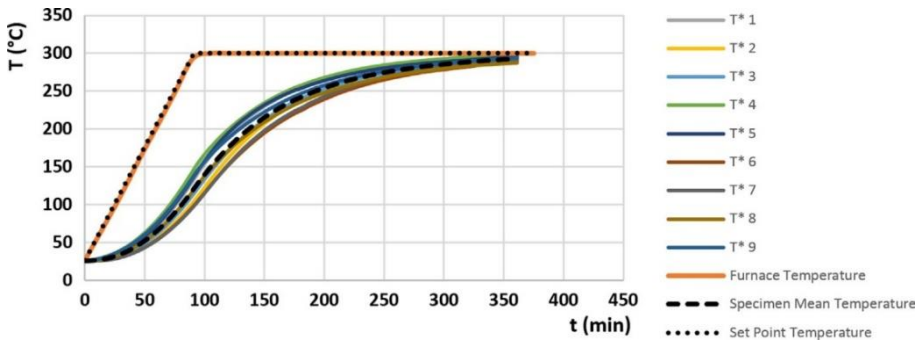


Рис. 3. Изменение температуры в модели 5d_45_s19 для серии 500°C

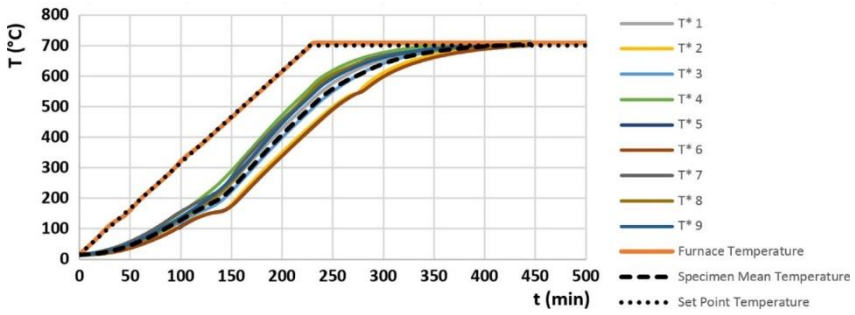


Рис. 4. Изменение температуры для серии 700°C для модели 5d_75_s14

Что касается предельных нагрузок (рис. 5), то повышение температуры приводит к общему снижению Fam для всех компонентов, независимо от типа и размера волокон, за исключением компонента 3d_45, полученного в серии испытаний при 300°C.

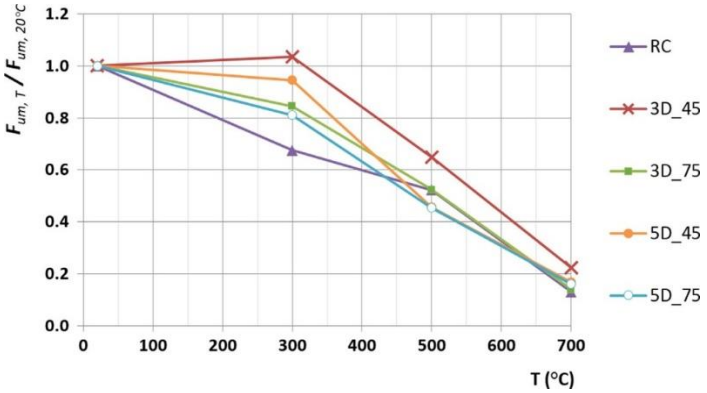


Рис. 5. Относительная предельная нагрузка в зависимости от температуры для каждого компонента бетона в испытании на изгиб без предварительного сжатия

В серии испытаний при 300°C относительная энергия разрушения бетона RC, 3d_75, 5d_45 и 5d_75 незначительно снизилась на 32%, 16%, 6% и 19% соответственно (рис. 6). Однако относительная прочность на сжатие бетонного компонента 3d_45 увеличилась на 3%.

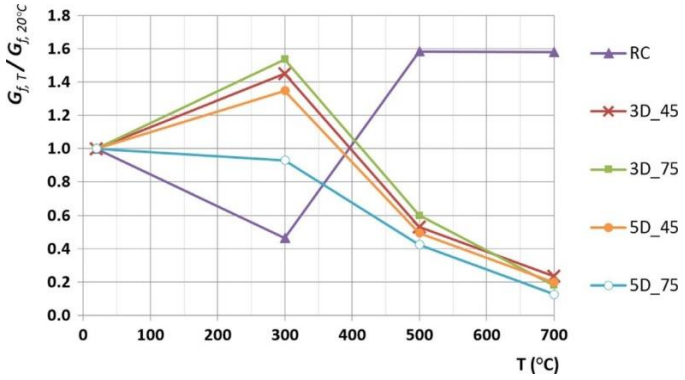


Рис. 6. Относительная энергия разрушения в зависимости от температуры для каждого компонента бетона в испытаниях без предварительной нагрузки.

Относительная прочность Fun всех бетонных композиций снизилась во многих испытаниях при 500°C. Это связано с тем, что при 400°C относительная прочность на сжатие водородных композиций снизилась на 3%. Это связано с тем, что при 400°C гидроксид кальция начинает обезвоживаться и образовывать пары, что значительно снижает прочность бетона. Так, для бетонных составов RC, 3d_45, 3d_75, 5d_45 и 5d_75 Fum составил 52%, 65%, 52%, 46% и 57% от значения комнатной температуры соответственно.

Во многих испытаниях при температуре 700°C относительные значения Fam были еще ниже: 13, 22, 14, 17 и 16% для бетонов R_C, 3d_45, 3d_75, 5d_45 и 5d_75 соответственно.

Для серии испытаний при температуре 500 °C наблюдалось снижение относительного Gfm практически для всех бетонных композиций. Таким образом, Gfm составил 53%, 60%, 50% и 43% от значения при температуре окружающей среды, соответственно, для бетонных композиций 3D_45, 3D_75, 5D_45 и 5D_75. Для состава RC наблюдалось увеличение относительного Gfm на 58%. В этом случае с повышением температуры тип разрыва цементной матрицы становится менее хрупким, и, следовательно, площадь под кривой силы – смещения увеличивается, что приводит к увеличению Gfm. Однако в абсолютном значении этот выигрыш практически незначителен.

Для серии испытаний при температуре 700°C относительный Gfm снизился еще больше, составив величину 24%, 18%, 20%, 13%, соответственно для бетонных композиций 3D_45, 3D_75, 5D_45 и 5D_75.

Заключение. В данной статье представлены результаты экспериментального исследования по оценке прочности при изгибе и энергии разрушения при температуре окружающей среды и повышенных температурах (300°C, 500°C и 700°C).

Речь идет о бетонах, армированных полипропиленовыми и стальными волокнами. Основной целью исследования было оценить влияние различных параметров, таких как: влияние температуры, добавление стальной фибры, тип стальной фибры, размер стальной фибры и эффект предварительной нагрузки на прочность при изгибе и энергию разрушения испытуемого бетона. По результатам данного исследования можно сделать следующие выводы:

– прочность на изгиб и энергия разрушения бетона снижаются с повышением температуры. Это снижение происходит как в испытаниях с предварительной нагрузкой, так и без нее, и выше для образцов с предварительной нагрузкой. Результаты испытаний показывают, что прочность при изгибе и энергия разрушения бетонного состава снизились на 11,7% и 22,5% при 300°C и на 11,6% и 22,6% при 500°C для образцов высокого давления, соответственно, под воздействием возмущающего воздействия предварительной нагрузки 3d_45. При испытании при температуре 700°C образцы с предварительной нагрузкой разрушились до достижения этой температуры;

– добавление стальных волокон увеличило прочность на изгиб и энергию разрушения бетона по сравнению с составами без стальных волокон;

– сравнение фибры плотностью 75кг/м^3 с одинаковой геометрией, но разным содержанием стальных волокон показало лучшие результаты по прочности на изгиб и энергии разрушения, чем состав со стальной фиброй плотностью 45 кг/м^3;

– результаты, полученные при 300°C и 500°C для большинства испытуемых материалов, следующие: при предварительном растяжении

первых образцов наблюдалась общая тенденция к снижению предельной прочности при изгибе и энергии разрушения;

– реакция бетона на размягчение, особенно после пиковой нагрузки, также смягчается с повышением температуры. Это также наблюдалось для эталонного бетона без стальных волокон;

– с другой стороны, трещины в образцах со стальными волокнами довольно вязкие, другими словами, растрескивание бетона можно лучше контролировать, добавляя в него стальные волокна. После достижения максимальной прочности на изгиб и в конце экспериментальных испытаний (в случае больших образований) фибры разрешалось соединить две части образца.

В итоге, несмотря на различные эффекты, добавление стальных волокон (3D и 5D) увеличивает гибкость и энергопоглощающую способность композитного материала при испытательных дозах (энергия разрушения и предельная прочность на изгиб 45 и 75 кг/м^3), при комнатной температуре, 300, 500 и 700°C.

Список литературы

1. Тимашев, В.В. Влияние физической структуры цемента на его прочность [Текст] // Цемент. – 1978. – №2. – С. 6-8.
2. Neville, A.M., Brooks, J.J. Concrete technology. – Prentice Hall, 2010. – 392 p.
3. Жакипбеков, Ш.К. Особенности твердения модифицированных бетонов на основе местных вяжущих веществ [Текст] / Ш.К. Жакипбеков, Д.Ш. Жакипбеков //Технологии бетонов. – 2014. – №10. – С. 10-11.
4. Рунова, Р.Ф. Особенности структурообразования вяжущего на основе высокоуглеродистых зол [Текст] / Р.Ф. Рунова, В.П. Плохий, А.Л. Дехно, А.Б. Яменко // Цемент. – 1995. – №3. – С. 38-41.
5. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing mechanism and application of polycarboxlate-based superplasticizers //Special Publication, 1997. Vol. 173. P. 359-378.
6. Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива [Текст] / С.С. Каприелов, В.Г. Батраков, А.В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1999. – №6. – С. 6-10.

Материал поступил в редакцию 11.04.24.

Ж.Е. Ескермесов[1], Б.А. Карымсаков[1], И.К. Дуйсембаев[1]

[1]М.Х. Дулати атындағыТараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ИІЛУ БЕРІКТІГІ ЖОҒАРЫ БОЛАТ ЖӘНЕ ПОЛИПРОПИЛЕН ФИБРОБЕТОНЫ

Аңдатпа. Жұмыста болат және полипропилен талшықтары бар беріктігі жоғары бетон сыналды. Болатты талшық қоршаған орта температурасында жарықшақтардың энергиясын және иілу беріктігін жақсартады. Жоғары температурада сыну энергиясы мен иілудің соңғы беріктігі төмендейді.

Тірек сөздер: бетон, болат, ғимарат, полипропилен, иілу беріктігі, сыну энергиясы.

J.E. Eskermesov[1], B.A. Karymsakov[1], I.K. Duysembaev[1]

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

HIGH TEMPERATURE, HIGH STRENGTH STEEL AND POLYPROPYLENE FIBER CONCRETE

Abstract. In this study, high strength concrete with steel and polypropylene fibers was tested. Steel fibers increase the fracture energy and flexural strength at room temperature. At higher temperatures, the fracture energy and ultimate flexural strength decrease.

Keywords: concrete, steel, building, polypropylene, bending strength, fracture energy.

References

1. Timashev, V.V. Vliyaniye fizicheskoy struktury tsementa na yego prochnost' [The influence of the physical structure of cement on its strength] // Tsement [Cement], 1978. No. 2. P. 6-8, [in Russian].
2. Neville, A.M., Brooks, J.J. Concrete technology. – Prentice Hall, 2010. – 392 p.
3. Zhakipbekov, SH.K. Zhakipbekov, D.SH. Osobennosti tverdeniya modifitsirovannykh betonov na osnove mestnykh vyazhushchikh veshchestv [Features of hardening of modified concrete based on local binders] // Tekhnologii betonov [Concrete technologies], 2014. No. 10. P. 10-11, [in Russian].
4. Runova, R.F. Plokhiy, V.P., Dekhno, A.L., Yamenko, A.B. Osobennosti strukturoobrazovaniya vyazhushchego na osnove vysokouglerodistykh zol [Features of structure formation of binders based on high-carbon ash] // Tsement [Cement], 1995. No. 3. P. 38-41, [in Russian].
5. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing mechanism and application of polycarboxlate-based superplasticizers // Special Publication, 1997. Vol. 173. P. 359-378.
6. Kapriyelov, S.S. Batrakov, V.G., Sheynfel'd, A.V. Modifitsirovannyye betony novogo pokoleniya: real'nost' i perspektiva [New generation modified concretes: reality and prospects] // Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete], 1999. No. 6. P. 6-10, [in Russian].

ҒТАМР 67.09.33

А.Қ. Жусипбеков[1] – *негізгі автор*, ©
Д.Ж. Артықбаев[2]

[1]*Аға оқытушы,* [2]*PhD, аға оқытушы*
ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0001-4123-8395* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4794-8707*
[1,2]*М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,*
Шымкент қ., Қазақстан
[2]*artykbaev_d@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/WNQU5604

ҚАЙТА ӨҢДЕЛГЕН БЕТОН ТОЛТЫРҒЫШТАРЫН БЕТОНДА ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мақалада ұсақ қайта өңделген бетон агрегаттарының (ҰӨБА) қазіргі жағдайы талқыланады, олардың физикалық, химиялық және инженерлік қасиеттеріне, сондай-ақ ҰӨБА бетондарының беріктігіне назар аударылады. Цемент құрамын кем дегенде бірдей деңгейде немесе жақсырақ төмен деңгейде сақтай отырып, жаңа бетондарда ҰӨБА кеңінен қолдануға арналған ұсыныстар мен құралдар туралы қосымша зерттеулерсіз қорытынды жасау мүмкін емес. Атап айтқанда, әлі де жетіспейтін нәрсе, негізгі физика-химиялық қасиеттер туралы білім және олардың бетон қоспасының сапасымен және бетонның өнімділігімен байланысы. Ұсақтау және қайта өңделген агрегаттарды електен өткізумен немесе далалық құрылымдардан алынған ҰӨБА сапасын жақсы түсіну үшін негіз қалайды. ҰӨБА қасиеттерін ұсақ дисперсті табиғи агрегаттардың қасиеттерімен салыстыра отырып, ҰӨБА-ның суды жоғары сіңіруі, ҰӨБА ылғалдылығының күйі, бөлшектердің агломерациясы және жабысқақ ерітінді сияқты негізгі шектеуші қасиеттері анықталады. Осылайша, химиялық құрамы жағынан тұрақты болуы мүмкін болса да, тұрақты ҰӨБА сапасына қол жеткізу қиын. Бетон қоспаларын жобалау кезінде ҰӨБА шектеу қасиеттерін ескеру үшін бетон технологиясының озық өнімділік әдістері мен құралдары қажет.

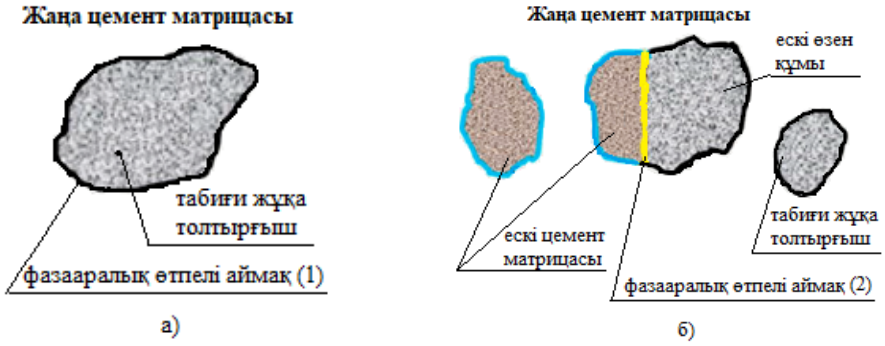
Тірек сөздер: қайта өңделген бетон толтырғыштары; табиғи толтырғыштар; бетон қоспалары; төзімділік.

Жусипбеков, А.Қ. Қайта өңделген бетон толтырғыштарын бетонда қолдану [Мәтін] /А.Қ. Жусипбеков, Д.Ж. Артықбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.129-143. https://doi.org/10.55956/WNQU5604

Кіріспе. Әлемдегі инфрақұрылымдардың көпшілігі бетоннан жасалған. Бетонның қоршаған ортамен күрделі өзара әрекеттесуіне және уақытылы техникалық қызмет көрсетудің болмауына байланысты көптеген бетон құрылымдары тозу жағдайында. Заманауи бетон толтырғыштарын, инновациялық технологияларды пайдалану, бетонның шыдау ұзақтығын, механикалық қасиеттерін және өнімділігінің сапасын арттырады. Бетон конструкцияларын бұзу немесе қайта құру кезінде бетонды қайта өңдеу қиыршық тасты жоюдың кең таралған әдісіне айналуда [1,2]. Сонымен қатар, бетонды қайта өңдеу, бетон конструкцияларының тұрақты дамуын қолдау тәсілін қамтамасыз етеді. Қайта өңделген бетон толтырғыштарының көптеген

көздері бар. Ең көп таралған көздер құрылыс және бұзылған қалдықтарынан (ҚжБҚ) және құрама бетон өндірісінің бетондары болып табылады. Ұсақ дисперсті қайта өңделген бетон толтырғыштары (ҰӨБА) (<4 мм) бетон қиыршық тасты бірнеше рет ұсақтау нәтижесінде пайда болады [2]. Қазіргі уақытта ҰӨБА цементті әрлеу материалдары мен қалау ерітінділеріндегі табиғи құмдарды алмастырғыш, сондай-ақ жол құрылымдарындағы және геосинтетикалық арматураланған құрылымдар мен топырақты тұрақтандыру үшін толтырғыш материал ретінде қолданылады [3].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Құрылымдық бетонда табиғи құм мен цементті тұрақты алмастырғыш ретінде ҰӨБА пайдалану туралы есеп беретін зерттеу жұмыстарын қоспағанда, кейс-стади жоқ. Бұл зерттеулер негізінен зертханалық ұнтақталған ерітінділер мен бетондардан жасалған ҰӨБА көмегімен жасалған үлгілерді сынауға бағытталған, сондықтан сыртынан нақты қайта өңделген бетоннан ерекшеленетін материалдан жасалған. Құрылымдық бетонда ҰӨБА қолдану, қоршаған ортаға оң әсер ететіні туралы хабарланғанымен, зерттеулер жаңа және қатайтылған жаңа бетонның қасиеттеріне қатысты ҰӨБА пайдалану кезінде бірнеше проблемалар анықтады. Мысалы, ҰӨБА суды жоғарғы деңгейде сіңіру бетонның өңделуін төмендетуі мүмкін; жабысқақ ерітінді жаңа бетонға көбірек ұсақ дисперсті материал енгізеді (1-сурет). Жаңа бетонның тасымалдануына және механикалық қасиеттеріне әсер етеді. Сонымен қатар, ҰӨБА хлоридтермен және сульфаттармен ластануы мүмкін (мысалы. мұзға қарсы тұздардан, ағынды суларды тазарту қондырғыларынан немесе теңіз суынан), бұл жаңа бетонның беріктігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [4]. Сонымен қатар, ҰӨБА дұрыс өңдеу және пайдалану бойынша зерттеулер мен практикалық тәжірибе шектеулі және/немесе нәтижесіз. Қайта өңделген бетон агрегаттарының физикалық және химиялық қасиеттерінің сапасын бақылаудың шекті мәндері де айтарлықтай өзгереді. Сонымен, сапаны бағалау стандарттарының болмауы ҰӨБА зертханадан тыс жаңа бетонда әлі қолданылмауының басты себебі болып табылады. Сондықтан ҰӨБА ҚжБҚ жалпы салмағының жартысына жуығын құраса да, жаңа бетонда ҰӨБА қолдану шектеулі [5].



а) табиғи ұсақ дисперсті агрегаты бар (ҰДА) (кварц немесе өзен құмы); б) ішінара қайта өңделген ұсақ дисперсті агрегатпен (ҰДА) ауыстырылған ЖӨБ бар.

Сурет 1. Әртүрлі фазааралық өтпелі аймақтар (ФӨА) әртүрлі ұсақ дисперсті агрегаттарды қолдана отырып дайындалған ультра жоғары өнімділік бетондары (ЖӨБ)

ҰӨБА қолдануға ықпал ететін, құрылымдық бетонға ҰӨБА енгізу факторлары мен кедергілері: CO_2 шығарындыларын азайту (айналмалы экономикаға ықпал етеді), қалдықтарды полигондарға көму, шикізат пен шығындардың тапшылығы.

Соңғы онжылдықта жаһандық климаттың өзгеруінің салдары адам санасының жоғары деңгейіне жетті. Алдағы онжылдықтарда халықтың өсуі, инфрақұрылымның кеңеюі (әсіресе инфрақұрылымның жетіспеушілігіне тап болған дамушы елдерде), қалдықтардың жиналуы және бұзылатын құрылыстардың көбеюі (ірі индустриалды елдерде) баламалы шикізат пен жаңа құрылыс технологиялары саласындағы көптеген зерттеулердің негізгі қозғаушы күші болады. Ресурстардың сарқылуынсыз қайта өңделген материалдар сияқты жаңа материалдарды пайдалануды қамтамасыз ету қоғамның тұрақтылығын қолдайды [6].

Қайта өңдеу полигондарға түсудің орнына барлық пайдаланылған материалдарды қайта пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл полигон салығына байланысты өсетін қалдықтарды кәдеге жарату шығындарын азайтады. Осылайша, ҚжБҚ қайта өңдеу құрылыс секторы үшін іс жүзінде стандартқа айналды. Бұл айтарлықтай энергияны үнемдейді және толтырғыш өндіруші шығаратын CO_2, NO_x және басқа ауаны ластаушы заттардың мөлшерін азайтады. 1 тонна табиғи агрегаттарды (өзен құмы мен қиыршық тас) өндіру барысында 20-30 кг $CO_{2\text{-экв}}$ бөлінеді, ал ҚжБҚ-нан 1 т ҰӨБА өндірісінде 12 кг $CO_{2\text{-экв}}$ түзіледі.

Ірі түйіршікті және ұсақ дисперсті толтырғыштар бетонның ең үлкен құрамдас бөлігі болып табылады. Бетон өндірісі мен кәдеге жаратудың тез өсуіне байланысты табиғи агрегаттарды тұтынуы да өсті. Қиыршық тас және өзен құмы ең көп қолданылатын толтырғыштар болып табылады. Дегенмен, олардың саны азаюда және оларды өндіру күрделі мәселелерге әкеледі. Өзен құмын өндіру бүкіл әлемдегі қоршаған ортаға зиян келтіреді, мысалы, су арнасын өзгерту, жағалау сызығын бұлыңғыр ету, тұйық сулар мен шұңқырлар жасау. 18 жыл ішінде Қытайдағы ең ірі тұщы су көлінің солтүстік тармағындағы құмды кетіру мен тереңдетудің айтарлықтай әсерін көрсетеді. Құмды тереңдету су деңгейін төмендету, бұлттылық пен шөгінділердің концентрациясын арттыру арқылы топография мен гидрологиялық сипаттамаларды айтарлықтай өзгертті. Бетонға деген сұранысты және өзендер мен теңіздерден ұсақ дисперсті табиғи агрегаттарды (0-4 мм) өндірудің әсерін ескере отырып, балама көздер маңызды бола түсуде [7].

Қазіргі уақытта ҰӨБА өзен құмына қарағанда арзанырақ. Бетон өндірісінде қайта өңделген агрегаттарды қолданған жөн, егер олар табиғи агрегаттан арзан болса және қымбат бетон компоненттеріне, атап айтқанда цементке сұранысты арттырмаса. Сонымен қатар, табиғи агрегатты өндіруді азайту арқылы абаттандыру және биологиялық әртүрлілік шығындары азайтылуы мүмкін. Күшті факторларға қарамастан, ҰӨБА болашақта жаңа бетон қоспаларына енгізу кезінде көптеген проблемаларды шешуші болады деп есептеледі.

ҰӨБА физикалық және химиялық қасиеттеріндегі айырмашылықтар ерітінділер мен бетондардың механикалық қасиеттері мен беріктігінің кең спектрін анықтайды және материалдың жеткізілуіне сәйкес келмейді.

Физикалық айырмашылықтар. Ұсақ дисперсті агрегаттардың пішіні бетон қиыршық тасты өңдегеннен кейін дөңгелектен бұрыштыққа дейін айтарлықтай өзгереді. Сонымен қатар, ҰӨБА бөлшектері ұсақ дисперсті

табиғи агрегаттармен салыстырғанда әртүрлі гранулометриялық құрамға және бетінің меншікті ауданына ие.

Химиялық вариациялар. Бастапқы бетондағы цемент пен агрегат түріндегі химиялық айырмашылықтарға байланысты ҰӨБА химиялық қасиеттері әр түрлі болуы мүмкін.Ультра дисперсті материалда қоспалардың әртүрлі түрлері де болуы мүмкін.

ҰӨБА құрамында жабысқақ ерітінді бар. ҰӨБА сапасын жақсарту үшін ұсақ дисперсті табиғи агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА бөлшектерінен ерітіндіні алып тастау және материалды әртүрлі қоспалардан тазарту экономикалық жағынан да, экологиялық жағынан да қымбатырақ болар еді. Сонымен қатар, қатты ластанған партиялар жаңа бетон үшін жеткілікті сапалы қайта өңделген бетон толтырғыштарын алу үшін бірнеше өңдеу кезеңдерін қажет етеді, бұл қымбатырақ процеске әкеледі [8].

Жаңа бетон конструкцияларында ҰӨБА пайдалануға сұраныс орасан зор. Бұл ұсақ дисперсті табиғи агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА сапасын қатаң бақылауды талап етеді. Алайда, сапаны бақылау бойынша жақсы әзірленген нұсқаулықтың болмауы жаңа бетондарда ҰӨБА кеңінен қолдануға кедергі келтіреді. Іс жүзінде ҰӨБА деген қызығушылықтың артуын ескере отырып, үкіметтер ҰӨБА пайдалануды ынталандыру үшін "экологиялық салық" енгізе алады.

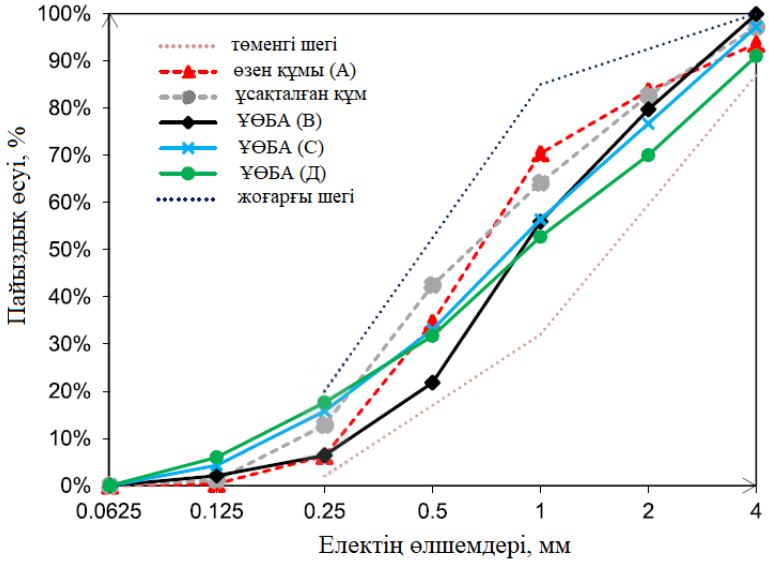
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зертханада ҰӨБА сапасын бақылау бетон зауыттарына қарағанда анағұрлым талапшыл және қатаң. Бетон зауыттарында ҰӨБА қолдануға келетін болсақ, негізгі проблемалар мыналар болып табылады: ҰӨБА белгісіз шығу тегі, масштабты ұлғайту және тестілеу бойынша ұсыныстардың болмауы. Бұл әр түрлі ҰӨБА іс жүзінде қолдануды өте күрделі етеді [9].

Қорытындылай келе, ҰӨБА көптеген артықшылықтары бар жаңа бетонда табиғи құмды алмастырғыш ретінде қолдануға болатындығын растайды, бірақ ҰӨБА физикалық және химиялық қасиеттерінің айырмашылығына байланысты бетонның өнімділігі шектеулі. Соңғы екі онжылдықта ҰӨБА сипаттауға көп күш жұмсалды [10]. Бұл мақаланың мақсаты ҰӨБА сипаттамасындағы негізгі жетістіктерге жүйелі шолу жасау, сондай-ақ әртүрлі қасиеттерді ескере отырып, құрамында ҰӨБА бар бетонның мінез-құлқын түсіну болып табылады. Сондай-ақ, ҰӨБА құрылымдық бетонға енгізу бойынша одан әрі зерттеулер ұсынылады.

Қамбаның физикалық қасиеттері табиғаты бойынша көп фазалы және көп масштабты болып табылады. Макродеңгейде ҰӨБА суретте көрсетілгендей бір-біріне жабыстырылған екі фазалы материал, толтырғыштар және байланыстырғыш ретінде қарастыруға болады. Тұтқыр цемент, толтырғыш, минералды қоспалар болуы мүмкін. Микро масштабта ҰӨБА толтырғыштар мен тұтқыр арасындағы интерфейстерден тұратын үшінші фаза бар (1-суретті қараңыз). Бұл бөлімнің шекаралары ҰӨБА физикалық қасиеттеріне әсер етеді. Бөлшектердің мөлшері бойынша таралуы, бөлшектердің пішіні және ҰӨБА суының сіңуі сияқты физикалық қасиеттер ерітінділер мен бетондардың өңделуіне, қатаюына, беріктігіне және уақытқа тәуелді мінез-құлқына (яғни шөгуі мен сусымалылығына) әсер етеді.

Бөлшектердің мөлшері бойынша таралуы толтырғыштардың маңызды қасиеті болып табылады, өйткені ол бөлшектердің қаптамасын анықтайды. Құрғақ елеу әдісімен алынған өзен құмы А, табиғи ұсақталған құм және үш түрлі ҰӨБА (В, С, Д) фракцияларының типтік гранулометриялық құрамы 2-суретте көрсетілген. ҰӨБА В роторлы ұсатқышпен өндірілді, ал ҰӨБА С

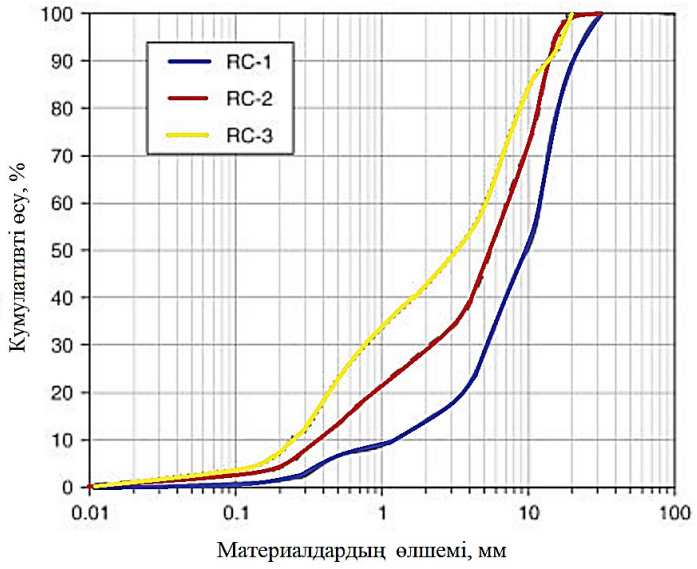
және ҰӨБА Д конустық ұсатқышпен бірге щек ұсатқышпен өндірілді. Табиғи құмдар (өзен және ұсақталған) мен әр түрлі (В, С және Д) арасындағы бөлшектердің мөлшері бойынша таралуындағы айырмашылықтар үлкен. Әр түрлі пайыздық мазмұн, мысалы, С және Д-де 0-0,250 мм фракцияның жоғары мөлшері (15-18 мас.%) В-мен салыстырғанда (~6 мас.%), өңдеу кезінде қолданылатын ұсақтау кезеңдерінің санына байланысты. ҰӨБА В ұсақтау процесінде бір сатыға ие болды, ал С және Д үш сатыға ие болды [11].



Сурет 2. Өзен құмы (А), табиғи ұсақталған құм және елеу әдісімен алынған үш бөлшектердің мөлшерінің таралуы

Бірнеше ұсақтау бөлшектердің бір реттік ұсақтауға қарағанда мөлшері бойынша кішірек таралуына ықпал етеді. Олардың зерттеуі үш түрлі ұсақтау циклін қарастырды және олардың бөлшектердің мөлшерінің бойынша әсерін көрсетті (3-сурет): RC-1 (бір рет ұсақталған); RC-2 (10 ұсақтау циклынан кейін) және RC-3 (Соққылы технологиясын қолдана отырып) 3-суретте RC-1, RC-2 және RC-3 бөлшектердің мөлшері бойынша салыстырылады. RC3 бөлшектері RC2 және RC1-ден кішірек, ал соққылы ұсатқыш техникасынан RC-1-ге қарағанда 1 мм-ден аз бөлшектерді 4 есе көп өндіргені көрсетілген. В барлық үш материалдың шағын фракцияларының (0-150 мкм және 250-300 мкм) бөлшектердің мөлшері бойынша көрсетілген. RC-3 фракциялары ең кіші болып табылады. RC-2-де RC-1-мен салыстырғанда дәйекті ұсақтауға байланысты ұсақ бөлшектердің үлесі артады [12]. Ұсатқыштың тесік саңылауларының әртүрлі өлшемдерінің алынған ҰӨБА гранулометриялық құрамына әсерін бағалап, щек саңылауы алынған фракциялардың санына әсер ететінін, бірақ ҰӨБА гранулометриялық құрамына әсер етпейтінін көрсетті. Олар әртүрлі табиғи ірі түйіршікті агрегаттармен жасалған әртүрлі қысу беріктігі бар бетондардан алынған. Нәтижелер ұсатқыш роторының айналу жиілігі тік білікке соғу бөлшектердің пішініне немесе бөлшектердің ҰӨБА өлшемдеріне таралуына әсер етпейтінін көрсетті. Бетон қиыршық тасты көп сатылы ұсақтау бір сатылы ұсақтау процесінде алынған ҰӨБА мен салыстырғанда ұсақ бөлшектердің көп мөлшерімен ҰӨБА өндіруге әкелді.

Дегенмен, екі үлгінің өлшемдері бойынша бөлшектердің таралу қисықтары рұқсат етілген диапазонда болды, ҮӨБА D_{MAX} тұрғысынан табиғи фракцияға сәйкес келеді, бірақ бөлшектердің өлшемдері бойынша таралуы тұрғысынан емес. Сонымен қатар, авторлар химиялық өңдеудің (қышқылмен) олардың бөлшектерінің мөлшеріне қарай таралуына әсерін зерттеді. Өңдеуден кейін толтырғыштар бөлшектердің бетіне жабысып қалған цемент пастасын алып тастауға байланысты бөлшектердің мөлшері бойынша біршама аз таралғаны анықталды. Қыздырылған ауаны жіктеу жүйесінің әртүрлі температурада материалдарды өңдеу арқылы бөлшектердің мөлшеріне қарай таралуына әсері қарастырылды. Бөлшектердің әртүрлі қыздыру температурасына байланысты кішігірім фракцияның (0-0,245 мм) және үлкен фракцияның (0,245-5 мм) мөлшерінде таралуында шамалы ауытқулар байқалды [13].



Сурет 3. Логарифмдік шкала бойынша ұсақталған үш материалдың, RC-1 (бір рет ұсақталған), RC-2 (10 рет ұсақталғаннан кейін) және RC-3 (соққылы ұсатқыш техникасынан) бөлшектерінің мөлшерін бөлу

Беттің құрылымы мен бөлшектердің пішіні және ҮӨБА бөлшектерінің пішіні негізінен бастапқы бетонның құрамына, өңдеу технологиясына және ұсақтау циклдарының санына байланысты. Беткі құрылымға келетін болсақ, ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары ұсақталған табиғи толтырғыштар сияқты өрескел екендігі дәлелденді. ҮӨБА бетінің кедір-бұдырлығы мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттарды салыстыратын зерттеулер болмаса да, нәтижелер цемент пастасының жабысқақ дақтарына байланысты ҮӨБА бетінің кедір-бұдырлығы өзен құмына қарағанда жоғары екенін көрсетеді. ҮӨБА формасы көбінесе өңдеу технологиясының түріне және ұсақтау циклдерінің санына байланысты. ҚжБҚ үшін талап етілетін өңдеудің әдеттегі кезеңінде екі сатылы ұсақтау жүзеге асырылады. Содан кейін пластмасса, темір және болат сияқты қоспалар мен материалдарды елеу және жою қолданылады [14]. Бұл процестердің әртүрлі комбинацияларын әртүрлі қайта өңдеу зауыттарында көруге болады. Кейбір қадамдарды пайдалану немесе жою ҚжБҚ кіріс деректерінің сапасына байланысты болып келеді [2]. Ұсақтау процесінің (әр түрлі комбинациядағы, конус және роликті

ұсақтау) және ұсақтау циклдерінің (бір сатылы, көп сатылы) ҰӨБА (R-1 және R-2) физикалық қасиеттеріне әсері. R-1 бөлшектері R-2 бөлшектеріне қарағанда пішіні дөрекі және бұрыштық, кеуектілігі жоғары, тығыздығы төмен және сіңуі R-2-ге қарағанда жоғары екендігі көрсетілген. Пішіндегі айырмашылықты қайта ұсақтау және R-2 өндірісінде үлкен толтырғыштың болмауымен түсіндіруге болады.

Химиялық әсерге дейін және одан кейін ірі түйіршікті және ұсақ өңделген бетон агрегаттарының бөлшектерінің пішінінің өзгеруі зерттелді. Осы зерттеуге сәйкес, ҰӨБА бөлшектерінде бөлшектердің бетіне жабысатын цемент пастасы аз болады. ҰӨБА бұрыштық бөлшектері ретсіз түрде қосылады. Бұл толтырғыштар қоспасындағы жанасу формаларының алуан түрлілігіне әкеледі. Бөлшектердің жанасуының бұл формалары әлі зерттелмегенімен, құрылыс қалдықтары қоспаларының бөлшектердің жанасуын зерттеу бөлшектердің бөлшектермен жанасуы туралы түсінік береді. Ұстаманың ашық ауада сақталуына байланысты судағы ұсақ бөлшектер агломерацияға бейім. Ұсақ бөлшектер бөлшектердің көп байланысы бар агломераттарға жиналуы мүмкін. ҰӨБА бөлшектерінің бұрыштық пішіні сфералық емес аққыштық пішіндерінің кедергісінің жоғарылауына және сфералық пішіндермен салыстырғанда бұрыштық пішіндердің тығыздалу шегінің төмендеуіне байланысты бетонның реологиялық қасиеттеріне әсер етеді. Бөлшектердің қаптамасының тығыздығын максимизациялауға агрегаттардың сұрыпталуын реттеу арқылы қол жеткізуге болады. Осылайша бетон қоспасының жалпы өнімділігін жақсартады [14].

Суды сіңіру (СС) тығыздығы және толтырғыш тығыздығы ерітінді/бетон қоспасын жобалаудағы негізгі параметрлер болып табылады. ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін бірыңғай жалпы қабылданған әдіс жоқ, сондықтан ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін әртүрлі сынақ әдістері қолданылады. Ұсталған цемент қамырының табиғаты мен ұсақ бөлшектердің (<250 мкм) құрамына байланысты суды сіңіру сынағы өте күрделі.

EN 1097-6:2013 сәйкес үлкен фракциялар мен құмдар үшін анықталған СС мәндері екі кезеңде алынады: толтырғыштарды қанықтыру (24 сағатқа суға батыру арқылы), содан кейін кептіру. Алайда, бұл әдіс қайта өңделген бетон толтырғыштарына қолданылған кезде проблемалар туындайды. Бұл әдіс ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары үшін қолайлы, өйткені ҰӨБА ұсақ бөлшектері оңай агломерацияланады және кептіру энергиясын әрбір ұсақ бөлшектің бетіне біркелкі тарату қиын [7]. Ірі түйіршікті қайта өңделген бетон толтырғыштары әлдеқайда ұзақ қанықтыру уақытын қажет етеді (>24 сағат). Сол сияқты, зерттеулерде судың сіңуі мен тығыздығын анықтау үшін қанықтыру кезеңі 24 сағаттан артық болуы керек екендігі атап өтілді. Ұсақ бөлшектердің мөлшері батыру әдісіне қатысты тағы бір мәселе болып табылады. Қамбаның ұсақ бөлшектері ауаны агломерациялап, бітеп тастауы мүмкін, бұл салмақтың сәйкес келмейтін өлшемдеріне әкеледі [5]. Сонымен қатар, егер сынақ кезінде ұсталған ауа жойылмаса, оның көлемі жалпы мөлшерге қосылады (толтырғыштар + су + ұсталған ауа) және суды сіңіру бағаланбайды. Осы себепті алынған ауаны алып тастау сынақтың соңғы нәтижелері үшін өте маңызды. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі әдістер ұсынылады. Бөтелкені айналдыру арқылы ауа көпіршіктерін кетіру үшін үлгінің көлемі екі немесе үш қабатқа тең болды. Басқа зерттеулерде бөтелке араластырылды, содан кейін қолмен айналдырылды және толтырғыш бөлшектерінің арасына түскен ауа

көпіршіктерін кетіру үшін бірнеше рет баяу шайқалды. Гексаметафосфат ерітіндісі бөлшектер арасындағы адгезияны азайту және ұсталған ауаны босату үшін бөлшектер диспергаторы ретінде пайдаланылды. Ауаның қалай ұсталатынын және жоғарыда аталған зерттеулердегі әдістердің қай әдісі немесе комбинациясы болашақ суды сіңіру өлшемдерінде қолдануға ең қолайлы екенін түсінуге бағытталған бірнеше терең зерттеулер жүргізу қажет [6].

СС мәндері тестілеу процедурасына өте тәуелді болды. Атап айтқанда, EN 1097-6:2013 стандартты әдісі СС мәнін төмендететін сияқты. Алайда, бұл екі әдіс құмның үлкен фракцияларына (0,8 мм-ден үлкен немесе оған тең) қолданылған кезде, олардың әрқайсысы үшін алынған. ЖІӨ мәндері өте жақын болады. Экстраполяция әдісін қолдана отырып, кіші фракциялардың СС-гі үлкенірек СС-гі анықталады. Содан кейін қатты қайта өңделген құмның СС әр фракцияның пропорциясы мен ҰӨБА анықталады. Алайда, жабдық материалдың көп мөлшерін пайдалануға мүмкіндік бермейді, сондықтан үлгінің гетерогенділігі мен азаюы өлшеу кезінде қателіктерге әкелуі мүмкін. Дегенмен, осы әдіспен өлшенген СС, ҰӨБА нәтижелері және бірдей үлгілер үшін EN 1097-6:2013 стандартты әдісімен алынған нәтижелер ұқсас болды [9].

Суды сіңіру ҰӨБА мен эталондық цемент пастасы арасындағы пастадағы судың жалпы құрамының айырмашылығы бойынша есептелді. Нәтижелер көрсеткендей, пастадағы ҰӨБА суды сіңіру және оның бөлінуі суға қарағанда төмен және 1 сағат ішінде $ВП_{24сағ}$ 44,30% - 80,10% құрайды. Бұл тұжырым цемент пастасындағы судың құрамымен түсіндірілді. Нәтижелер көрсеткендей, пастадағы ҰӨБА суды сіңіру және оның бөлінуі суға қарағанда төмен және 1 сағат ішінде $ВП_{24сағ}$ сағаттың 44,30% - 80,10% құрайды. Бұл тұжырым цемент пастасындағы судың құрамымен түсіндірілді. Цемент дәндері суды сақтауда үлкен артықшылыққа ие, сондықтан араластыру кезінде максималды сіңіру қабілетіне жету қиын. ҰӨБА мен табиғи құм үшін СС және тығыздық мәндері жинақталған. ҰӨБА мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттың арасындағы айтарлықтай айырмашылық судың жоғары сіңуіне байланысты. Әдебиетте келтірілген ҰӨБА мен табиғи құм үшін СС және тығыздық мәндері жинақталған. ҰӨБА мен ұсақ дисперсті табиғи агрегаттың арасындағы айтарлықтай айырмашылық судың жоғары сіңуіне байланысты [12].

Мұны жоғары ашық тесігінің қосымша әсерімен және ҰӨБА бөлшектерінің беткі қабатының өрескел құрылымымен түсіндіруге болады. ҰӨБА суды жоғары сіңіру қабілеті цемент негізіндегі материалдардағы пастадағы су мен цементтің тиімді қатынасына тікелей әсер етеді, бұл оларға жаңа консистенцияны береді. Сіңірілген судың мөлшері, ең алдымен, бөлшектегі кеуектердің көптігі мен үздіксіздігіне байланысты, ал сіңіру жылдамдығы осы кеуектердің мөлшері мен үздіксіздігіне байланысты. ҰӨБА үшін мәлімделген СС мәндері 4,2-ден 13,1% дейін, орта есеппен 8,4% -. құрайды. Табиғи ұсақ агрегат үшін көрсетілген СС мәндері 0,15-тен 4,1% дейін, орташа есеппен 1,1% құрайды. Сонымен қатар, ҰӨБА табиғи құмға қарағанда тығыздығы төмен. Алынған тығыздық құрғақ бетке есептегенде 1630-дан 2560 кг/м^3-ге дейін, орташа есеппен 2295 кг/м^3 құрады. Табиғи ұсақ дисперсті агрегаттың тығыздығы 2530-дан 2720 кг/м^3-ге дейін өзгерді, орташа есеппен 2637 кг/м^3 [3].

Әртүрлі зерттеулер арасындағы СС және тығыздық мәндерінің таралуы көбінесе белгісіз бастапқы бетонның сапасындағы айырмашылықтардан (су

мен цементтің арақатынасы, цементтің түрі мен мөлшері, толтырғыштардың шығу тегі мен градациясы және т.б.), сондай-ақ өндіріс процесінде оның қасиеттерінің айырмашылығынан туындайды. VSI ұсатқыш роторының айналу жиілігі ҰӨБА суының сіңуіне айтарлықтай әсер етеді. Төрт құмның суды сіңіруі, ҚжБҚ, VSI-55, VSI-65 және VSI-75 сәйкесінше 11%, 9%, 8% және 7% құрады, бұл VSI роторының айналу жиілігінің жоғарылауының айтарлықтай әсерін көрсетеді. Бұл зерттеулер ҰӨБА суды сіңіруді бағалауға процедура (суға немесе пастаға батырудың түрі мен ұзақтығы), ҰӨБА мөлшерінің үлесі, үлгінің салмағы және ұсақ бөлшектердің агломерациясы қатты әсер ететінін көрсетті.

Сонымен қатар, ҰӨБА қанықкан күйін дәл бағалау қиын. Мониторингтің анағұрлым күрделі тарихы (әр түрлі ұзақтығы) бар тестілер ҰӨБА (су сіңіру, тығыздық) сипаттамаларын анықтау үшін Еуропалық стандарттарға сәйкес жүргізілетін тесттердің дұрыстығын растау үшін әлі де қажет. Сонымен қатар, тестілеудің нақты әдістемесі практикалық мақсаттарға бейімделмеген [7].

Тәжірибеге арналған қосымша зерттеулер мен ұсыныстар бұрын талқыланғандай, ҰӨБА кеңінен қолдану негізінен табиғи құммен бетонға ұқсас қасиеттерге ие болу қабілетімен шектеледі. Қарастырылған зерттеулер ҰӨБА қасиеттерін сынау кезінде өлшеулердің қайталануының шектелгенін және ҰӨБА пайдалану кезінде бетон қасиеттерінің (шектеулі беріктігі) өзгергенін көрсетеді. Өңдеу қабілеті, көлемнің тұрақтылығы, әсіресе кептіру кезінде шөгуі және ҰӨБА бар бетонның беріктігі шешілмеген проблемалар болып қала береді, бұл материалды инженерлік тәжірибеде қолдануға айтарлықтай кедергі келтіреді. Оқылған әдебиеттер негізінде ҰӨБА болашақта бетонға енгізуге басшылық ету мақсатында кеңейтілген ҰӨБА тестілеуінде және бетон тиімділігінің мониторингінде ілгерілеудің негізгі бағыттары айқындалды [4,5].

Қазіргі уақытта ҰӨБА сапасын бағалау бойынша нұсқаулықтар жоқ. ҰӨБА практикалық қолдану үшін нақты жағдайларда ҰӨБА сипаттамаларын анықтау және пайдалану бойынша бірыңғай нұсқаулық әзірлеу қажет. Ұлттық ұсыныстар мен стандарттардың мақсаттары, атап айтқанда, келесі тақырыптарды қамтуы керек:

– ҰӨБА әр түрлі типтегі градуирлеу қисықтары;

– құрамындағы хлоридтердің, сульфаттардың, еритін сілтілердің рұқсат етілген мәндері;

– ҰӨБА суды сіңіруді анықтау үшін бірыңғай жалпы қабылданған әдіс жоқ,сондықтан әртүрлі сынақ әдістері қолданылады.ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет, ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет, ҰӨБА суды сіңіруді сандық бағалау үшін стандартталған сынақ әдісі мен өлшеу әдістемесін әзірлеу қажет;

– ұсталған цемент ерітіндісін сандық бағалау;

– кәдімгі бетонға арналған қоспаны есептеу әдісін және сынамалық араластыру әдісін біріктіру арқылы ҰӨБА көмегімен бетонға арналған қоспаның тиісті құрамын әзірлеу;

– бөлшектердің мөлшері, бөлшектердің пішіні, потенциалды реактивтілігі мен құрамы бойынша бөлінуін ескеретін ҰӨБА бөлшектерінің қаптамасын болжау моделін белгілеу [14].

Бетон қоспасын жасау үшін сығылатын саптама моделінің (ССМ) жарамдылығын анықтау үшін дөңгелектелген немесе ұсақталған агрегаттардың екілік комбинациясы жиі қолданылады. Алайда, әдетте ұсақ кварц құмының (дөңгелек түрдегі) қайта өңделген бетоннан (ұсақталған түрдегі) ұсақ толтырғышпен үйлесуі қолданылатын ҰӨБА бар бетон жағдайында осы комбинациялар үшін де ССМ болжамдарының сенімділігін қамтамасыз ету қажет. Бұл ССМ табиғи ұсақ агрегаттармен салыстырғанда ҰӨБА су сіңіру қабілетінің едәуір жоғары болуына байланысты пайымдауларды ескерусіз қолданыла алмайды.

Сонымен қатар, цемент қамырының ішкі салыстырмалы ылғалдылығын өлшеу судың қайта өңделген агрегаттан цемент қамырына қалай тасымалданатынын түсінуге көмектеседі. Алайда, одан әрі зерттеу үшін ҰӨБА қасиеттерінің кең спектрімен (құрғақ, қаныққан, қанықпаған) қосымша эксперименттер жүргізу ұсынылады [7].

Құрылыс масштабындағы материалдың бұзылуы әдетте жергілікті микрокректердің пайда болуынан және өсуінен басталатындықтан, зертханалық үлгілердің крекинг процесінің сандық талдауы қайта өңделген бетоннан жасалған инженерлік құрылымдардың бұзылу сипатын түсінуге ықпал етеді. Мұндай зерттеулер өрескел дәнді қайталама агрегаттарды пайдалана отырып, бетон үшін жүргізіледі, бірақ ҰӨБА үшін емес.ҰӨБА пайдалана отырып, бетонның жыртылу қасиеттерін зерттеу үшін одан әрі зерттеулер жүргізу қажет.

Төзімділікке келетін болсақ, жеделдетілген сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, ҰӨБА қолдану жалпы бетонның пайдалану сипаттамаларының төмендеуіне әкелді. Бетонда ҰӨБА қолдану өнімділіктің төмендеуіне әкеліп соқтырса да, бұл оларды құрылымдық бетонда қолдануға қауіп төндірмейді. Сонымен қатар, құйылып шыққан кезінен бастап бетонның ұзақ мерзімді пайдалану сипаттамаларын мониторингтеу бойынша зерттеулер өте аз. Осылайша, бетонның ұзақмерзімді сипаттамаларының жарамдылық критерийлерін одан әрі зерттеу және белгілеу (шөгу және сусымалылық, карбонизация, сульфаттардың әсері, хлоридтердің түсуі) қызығушылық тудырады.

ҰӨБА инновациялық қолдану бойынша зерттеулерді қарастыру керек, мысалы, икемділігі жоғары тұтқыр композиттерге және ҰӨБА қолданатын 3D басып шығарылатын ерітінділерге қатысты алдын ала зерттеулер. Шолу зерттеулері барысында алынған бетон қоспаларының 43 әзірлемесіне және олардың пайдалану сипаттамаларын байқауға сүйене отырып, сапаны бақылау және бетонда ҰӨБА практикалық қолдану бойынша бірнеше ұсыныстар беруге болады.

Жаңа буынның жоғары сапалы бетон өндірісінде ҰӨБА пайдалану үшін ластануды барынша азайту үшін ҰӨБА сапасын жақсартылған бақылауды енгізу қажет. Ластануды тану және жою саласындағы соңғы жетістіктердің бірі-сапаны бақылаудың онлайн сенсорларын қолдану (гиперспектральды бейнелеу және лазерлік сыну спектроскопиясы), сондай-ақ инфрақызылға жақын сенсорлармен сұрыптау және желмен елеу. Мүмкіндігінше далада бетон конструкцияларын іріктеп бұзуды ынталандыру керек. Бұл ластанудың минималды деңгейі бар материалды алу үшін өте қажет [2,3].

ҰӨБА көзінің бетон сипаттамаларына (әсіресе зертханалық жағдайда жасалған немесе далалық құрылыстардан алынған) әсеріне келетін болсақ, зертханалық және далалық ҰӨБА екеуінің де бетон қоспалары кең ауқымды

қасиеттерге ие және зертханалық ҰӨБА бар бетонның бетонмен салыстырғанда нашар немесе жақсы өнімділікке ие екендігі туралы ешқандай дәлел жоқ. Дегенмен, мүмкіндігінше далада бетон конструкцияларын іріктеп бұзуды ынталандыру және қолдану керек. Бұл ластанудың минималды деңгейі бар материалды алу үшін өте қажет. Сонымен қатар, бастапқы бетонның әртүрлі түрлеріне, өңдеу технологиясының түріне және сақтау түріне байланысты ҰӨБА сапасының әсерін ескеру қажет. Қайталама бетон мен ерітінділердің пайдалану сипаттамаларына әсер ететін ҰӨБА қасиеттерін анықтау үшін нейрондық желілерді пайдалану ұсынылады. Осы мақсатта барлық көрсетілген жұмыстардың нәтижелерін, сондай-ақ бастапқы бетон, қайта өңдеу технологиясының түрі және сақтау түрі туралы ақпаратты ескеру қажет.

ҰӨБА ашық ауада сақтаудан аулақ болу керек. Бұл ҰӨБА қадаларының сыртқы қабаттарын күйдіруге және материалдың агломерациясына әкеледі. Агломерация бетон қоспасындағы бөлшектердің тығыздалуын азайтады.

Құрғақ ҰӨБА пайдаланумен салыстырғанда өңдеу қабілетін жақсарту үшін ішінара қаныққан күйде (жалпы су сіңіру қабілетінің 80%) ҰӨБА пайдалану ұсынылады. ҰӨБА қысқа араластыру процесінде суды сіңіру қабілетін толық пайдалана алмады.

ҰӨБА бетон қоспасында қолдануға жалпы шектеулер жоқ. ҰӨБА оңтайлы пайыздық мөлшері 25% – бет құрайтыны анықталды, бұл бетонның беріктігіне әсер етпейді. ҰӨБА құрамының одан әрі ұлғаюымен меншікті беті ұлғаяды, бұл суға деген қажеттілікті және цемент құрамын арттырады.

Қорытынды. Қорыта келе, ҰӨБА сипаттамаларын анықтау және құрылымдық қолдану саласындағы негізгі жетістіктер, прогрестер мен шектеулер туралы әдебиеттерге жан-жақты және жаңартылған шолу ұсынылған. Жүйелі талдау жүргізу үшін мынадай деректер талданды: ҰӨБА физикалық және химиялық сипаттамалары; 43 бетон/ерітінді қоспаларының құрамы мен қасиеттері. Осы уақытқа дейін айтылғандардың барлығын ескере отырып, келесі негізгі тұжырымдар жасалды:

ҰӨБА бетонының физика-химиялық сипаттамалары оның бастапқы дизайны мен пайдалану тарихына, сондай-ақ қайта өңдеу және сақтау технологиясына байланысты. Бұл физика-химиялық сипаттамалар бетон қоспасы мен қатайтылған бетонның жұмысына әсер етеді. Қазіргі уақытта білім жеткіліксіз, цемент құрамы бірдей немесе төмен болған кезде жоғары сапалы бетон алу үшін осы ҰӨБА сипаттамаларын оңтайлы пайдалануға мүмкіндік беретін нұсқаулықтар немесе нормативтік актілер жоқ. Осылайша, жаңа бетонға ұраны кеңінен енгізу және оңтайлы пайдалану қиынға соғады, өйткені бетонның күтілетін пайдалану сипаттамаларына байланысты тәуекелдер белгісіз, ал судың қажеттілігін өтеу үшін цементтің жоғарылауы CO_2 шығындары мен шығарындыларының артуына әкеледі. Осылайша, жаңа бетонға ҰӨБА кең көлемде енгізу және оңтайлы пайдалану қиын, өйткені бетонның күтілетін пайдалану сипаттамаларына байланысты тәуекелдер белгісіз, ал ҰӨБА суға деген қажеттілігін өтеу үшін цементтің жоғарылауы шығындар мен CO_2 шығарындыларының артуына әкеледі.

ҰӨБА қайта пайдалану қазіргі уақытта эксперименталды түрде оңтайландырылған және бөлек талдауға және болжауға болатын теориялық әсерлерге негізделмеген. Демек, негізгі міндеттердің бірі-ҰӨБА бір мезгілде пайдалану және цементтің құрамын азайту немесе кем дегенде оны тұрақты деңгейде ұстау. Қажетті техникалық сипаттамаларға (өңдеу қабілеті,

беріктігі) сәйкес келу әрдайым мүмкін бола бермейді: негізінен қоспалардың төмен өңделуі олардың қолданылуын шектейді. Осы себепті ҰӨБА бетоны үшін қолайлы суперпластификаторлар мен реологиялық қасиеттер модификаторларын қолданудың практикалық тәжірибесі қажет.

Аталған барлық жұмыстардың нәтижелеріне сүйене отырып, судың жоғары сіңуі, ҰӨБА ылғалдылығы, бөлшектердің бір-біріне жабысуы және ерітіндінің жабысуы сияқты ҰӨБА шектеу қасиеттері анықталды. Сақтау жағдайларына байланысты ҰӨБА ылғалдылығының үш режимі ұсынылады, олар сонымен қатар бөлшектердің агломерациясының суды сіңіру көрсеткіштеріне әсерін түсінуге арналған. Сандық және сапалық сипаттамалар бойынша әдістер мен ұсыныстар бөлу кезінде және одан кейін ҰӨБА сапасын терең бақылау үшін қажет. Бұл жоғары сапалы бетонды қолдану үшін қажетті оңтайлы сапаны қамтамасыз ету үшін пайдалы болар еді.

ҰӨБА өңдеу мен ҰӨБА физика-химиялық сипаттамалары арасындағы байланыс туралы білім, сондай-ақ жоғары өнімді бетон алу үшін цементтің төмен құрамын сақтау үшін оңтайлы төсеу және цементпен өзара әрекеттесу туралы білім, сондай-ақ микроқұрылым және жаңа бетонның ұзақ мерзімді өнімділігін күту туралы білім зерттеудің басымдығы болуы керек.

Практикалық тұрғыдан алғанда, ҰӨБА бар құрылымдық бетонның пайдалану сипаттамалары, қатайтылған бетонның деформациялануын және болат арматураның коррозиясына қарсы қамтамасыз ете алатын тұрақтылықты ескере отырып бағалануы керек. Белгілі модельдердің модификациялары (шөгу, сусымалы, хлоридті диффузия және CO_2) ең жақсы шешім болып табылады, өйткені оларды қолда бар тәжірибе мен эксперименттік зерттеулерге, сондай-ақ болашақ ауқымды зертханалық сынақтарға негіздеуге болады. Бұл микромеханикалық қасиеттермен қатар (бетон матрицасы және интерфейс) ҰӨБА қолданудың салдарын дәлірек бағалауға мүмкіндік береді. Бұл тәжірибеде ҰӨБА көмегімен бетон қоспаларын жобалаудың қолданыстағы тәсілдерін оңтайландыруға айқындық әкеледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Красиникова, Н.М. Вторичное использование бетонного лома в качестве сырьевых компонентов цементных бетонов [Текст] / Н.М. Красиникова, Е.В. Кириллова, В.Г. Хозин // Строительные материалы. – 2020. – №1-2. – С. 56-65.
2. Киценко, Т.П. Использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах [Текст] / Т.П. Киценко, Д.С. Омельянович // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – №1. – С. 99-103.
3. Магсумов, А.Н. Использование бетонного лома в качестве крупного заполнителя для производства бетонных смесей [Текст] / А.Н. Магсумов, Н.М. Шарипянов // Символ науки. – 2018. – №6. – С. 29-32.
4. De Brito J., Agrela F., Silva R.V. Construction and demolition waste // New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete – Woodhead Publishing, 2019. P. 1-22.
5. Pedro D., De Brito J., Evangelista L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete // Construction and Building Materials, 2014. Vol. 71. P. 141-151.
6. Silva R.V., De Brito J., Dhir R.K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 105. P. 400-415.
7. Oliveira R., De Brito J., Veiga R. Incorporation of fine glass aggregates in renderings // Construction and Building Materials, 2013. Vol. 44. P. 329-341.

8. Коровкин, М.О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Текст] / М.О. Коровкин, А.И. Шестернин, Н.А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3(37). – С. 85.
9. Ахмед, А.А. Использование бетонного лома Ирака в качестве наполнителя и заполнителя тяжелого и лёгкого бетона [Текст] / А.А. Ахмед, Р.С. Федюк, Ю.Л. Лисейцев, Р.А. Тимохин, Г. Мурали // Строительные материалы и изделия. – 2020. –№3 (3). – С. 28-39.
10. Щербань, Е.М. Улучшение экологической обстановки в Ростовской области путём применения промышленных отходов в строительной индустрии [Текст] / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, М.П. Нажуев, А.А. Чернильник // Экология России: на пути к инновациям. – 2019. – С. 57-60.
11. Vieira C.S., Pereira P.M., de Lurdes Lopes M. Recycled construction and demolition wastes as filling material for geosynthetic reinforced structures. Interface properties // Journal of Cleaner Production, 2016. Vol. 124. P. 299-311.
12. Evangelista L., Guedes M., De Brito J., Ferro A.C., Pereira M.F. Physical, chemical and mineralogical properties of fine recycled aggregates made from concrete waste // Construction and building materials, 2015. Vol. 86. P. 178-188.
13. Fan C.C. Huang R., Hwang H., Chao S.J. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 112. P. 708-715.
14. Lotfy A., Al-Fayez M. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and concrete composites, 2015. Vol. 61. P. 36-43.

Материал редакцияға 12.04.24 түсті.

А.К. Жусипбеков[1], Д.Ж. Артыкбаев[1]

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ БЕТОННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В БЕТОНЕ

Аннотация. В статье обсуждается современное состояние мелкодисперсных переработанных бетонных заполнителей (МПБЗ), обращается внимание на их физические, химические и инженерные свойства, а также на прочность бетонов МПБЗ. Невозможно сделать выводы без дальнейших исследований рекомендаций и средств для широкого применения МПБЗ в новых бетонах при сохранении цементного состава хотя бы на том же уровне или, желательно, на низком уровне. В частности, все еще не хватает знаний об основных физико-химических свойствах и их связи с качеством бетонной смеси и производительностью бетона. Измельчение и просеивание переработанных агрегатов или создание основы для лучшего понимания качества МПБЗ, полученного из полевых конструкций. Сравнивая свойства МПБЗ со свойствами мелкодисперсных природных агрегатов, определяются основные ограничивающие свойства МПБЗ, такие как высокое водопоглощение, состояние влажности МПБЗ, агломерация частиц и адгезивный раствор. Таким образом, несмотря на то, что он может быть стабильным с точки зрения химического состава, трудно добиться стабильного качества МПБЗ. При проектировании бетонных смесей необходимы передовые методы и инструменты бетонной технологии, чтобы учитывать ограничивающие свойства МПБЗ.

Ключевые слова: наполнители из переработанного бетона; натуральные наполнители; бетонные смеси; долговечность.

A.K. Zhusipbekov[1], D.Zh. Artykbaev[1]

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

THE USE OF RECYCLED CONCRETE FILLERS IN CONCRETE

Abstract. Fine recycled concrete aggregates (fRCA), the current state is discussed, attention is paid to their physical, chemical and engineering properties, as well as the strength of fRCA concrete. Without further research, it is impossible to draw conclusions about the recommendations and tools for the widespread use of fRCA in new concretes, while maintaining the cement composition at least at the same level or preferably at a low level. In particular, what is still lacking, knowledge of basic physico-chemical properties and their relationship with the quality of the concrete mixture and the performance of concrete. Crushing and sifting of recycled aggregates, or laying the foundation for a better understanding of the quality of fRCA obtained from field structures. Comparing the properties of fRCA with the properties of finely dispersed natural aggregates, the main limiting properties of fRCA, such as high water absorption, the state of moisture content of fRCA, particle agglomeration and adhesive solution, are determined. Thus, it is difficult to achieve a stable fRCA quality, although it can be stable in chemical composition. In the design of concrete mixes, advanced performance methods and tools of concrete technology are needed to take into account the limiting properties of fRCA.

Keywords: recycled concrete aggregates; natural aggregates; concrete mixes; durability.

References

1. Krasinikova N.M., Kirillova Ye.V., Khozin V.G. Vtorichnoye ispol'zovaniye betonnogo loma v kachestve syr'yevykh komponentov tsementnykh betonov [Secondary use of concrete scrap as raw materials for cement concrete] // Stroitel'nyye materialy [Construction materials], 2020. No. 1-2. P. 56-65, [in Russian].
2. Kitsenko T.P., Omel'yanovich D.S. Ispol'zovaniye krupnogo zapolnitelya iz betonnogo loma v tyazhelykh betonakh [Use of coarse aggregate from concrete scrap in heavy concrete] // Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury [Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture], 2020. No. 1. P. 99-103, [in Russian].
3. Magsumov, A.N., Sharipyanov N.M. Ispol'zovaniye betonnogo loma v kachestve krupnogo zapolnitelya dlya proizvodstva betonnykh smesey [Use of concrete scrap as coarse aggregate for the production of concrete mixtures] // Simvol nauki [Symbol of science], 2018. No. 6. P. 29-32, [in Russian].
4. De Brito J., Agrela F., Silva R.V. Construction and demolition waste // New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete – Woodhead Publishing, 2019. P. 1-22.
5. Pedro D., De Brito J., Evangelista L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete // Construction and Building Materials, 2014. Vol. 71. P. 141-151.
6. Silva R.V., De Brito J., Dhir R.K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 105. P. 400-415.
7. Oliveira R., De Brito J., Veiga R. Incorporation of fine glass aggregates in renderings // Construction and Building Materials, 2013. Vol. 44. P. 329-341.
8. Korovkin M.O. Shesternin A.I., Yeroshkina N.A. Ispol'zovaniye droblenogo betonnogo loma v kachestve zapolnitelya dlya samouplotnyayushchegosya betona [Use of crushed concrete scrap as a filler for self-compacting concrete] // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don], 2015. Vol. 37, No. 3. P. 85, [in Russian].

9. Akhmed A.A., Fedyuk R.S., Liseytsev YU.L., Timokhin R.A., Murali G. Ispol'zovaniye betonnogo loma Iraka v kachestve napolnitelya i zapolnitelya tyazhelogo i logkogo betona [Use of Iraqi concrete scrap as a filler and aggregate for heavy and lightweight concrete] // Stroitel'nyye materialy i izdeliya [Construction materials and products], 2020. Vol. 3, No. 3. P. 28-39, [in Russian].
10. Shcherban' Ye.M., Stel'makh S.A., Nazhuyev M.P., Chernil'nik A.A. Uluchsheniye ekologicheskoy obstanovki v Rostovskoy oblasti putom primeneniya promyshlennykh otkhodov v stroitel'noy industrii [Improving the environmental situation in the Rostov region by using industrial waste in the construction industry] // Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam [Ecology of Russia: on the way to innovations], 2019. P. 57-60, [in Russian].
11. Vieira C.S., Pereira P.M., de Lurdes Lopes M. Recycled construction and demolition wastes as filling material for geosynthetic reinforced structures. Interface properties // Journal of Cleaner Production, 2016. Vol. 124. P. 299-311.
12. Evangelista L., Guedes M., De Brito J., Ferro A.C., Pereira M.F. Physical, chemical and mineralogical properties of fine recycled aggregates made from concrete waste // Construction and building materials, 2015. Vol. 86. P. 178-188.
13. Fan C.C. Huang R., Hwang H., Chao S.J. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes // Construction and Building Materials, 2016. Vol. 112. P. 708-715.
14. Lotfy A., Al-Fayez M. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and concrete composites, 2015. Vol. 61. P. 36-43.

ҒТАМР 67.09.55

Н.З. Артиков[1] – *негізгі автор,*
Б.Т. Копжасаров[2], С.М. Моминова[3],
С.Т. Дуйсенбаева[4], Г.Т. Копжасарова[5]

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

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0004-9923-9093* [2]*https://orcid.org/0000-0001-9163-2879*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-5005-9826* [4]*https://orcid.org/0009-0009-4031-370X*
[5]*https://orcid.org/0009-0008-6735-0458*

[1,2,3,5]*М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан*
[4]*М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

@ [1]*kazartnur@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SNWM3015

АЛКИЛМЕН АЛМАСТЫРЫЛҒАН ФЕНОЛДАР НЕГІЗІНДЕГІ ТҮРЛЕНДІРГІШ ҚОСПА

Аңдатпа. Бұл мақалада цементті ылғалдандыру әрекетін баяулататын алкил алмастырғыш фенолдар негізіндегі ұялы бетон өндірісіне арналған қоспаларды пайдалану қарастырылады. Алкил алмастырғыш фенолдарды пайдалану құрамында үш кальций және сілті қоспалары жоғары цементтерге қарағанда, құрамына сілті және алюминий аз қосылған цементтердің ұстау мерзімін ұзақ сақтайды. Ал мына ценметтердің ылғалдануы кезіндегі жылу бөлу барысын зерттеу барысында балама әсерлер де анықталды: ол құрамында сілті көп қосылған ценметтер сұйық фазада кальцийдің су қышқылының қоспаларын азайтады, ал құрамында алюминий көп қосылған цементтер алюминаттарды аз ылғалдандырады. Жоғарыда аталған балама екі әсердің де нәтижесі үш кальцийлі алюминат және үш кальцилі силикаттарды ылғалдандыру процесіне ылғалдандырғыш карбонат қышқылының әсер ету барысын азайтатындығын көрсетеді.

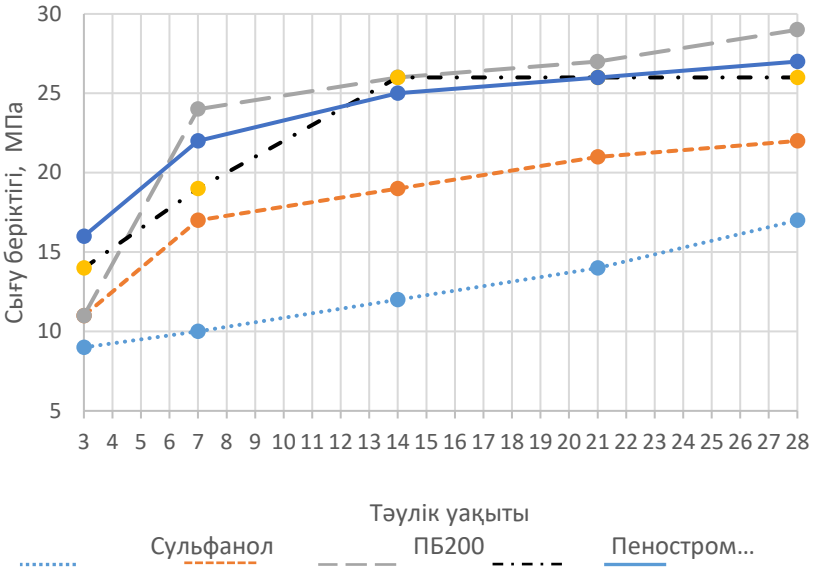
Тірек сөздер: ұялы бетон, поливинилді спирт, карбоксиметилцелюлоза, суперпластификатор, байланыстырғыш, жылу өткізгіштік, суға қаттылық, ұялы бетон қоспалары, шөгу.

Артиков, Н.З. Алкилмен алмастырылған фенолдар негізіндегі түрлендіргіш қоспа [Мәтін] / Н.З. Артиков, Б.Т. Копжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дуйсенбаева, Г.Т. Копжасарова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.144-158. https://doi.org/10.55956/SNWM3015

Кіріспе. Қазіргі нарықтағы көбік қоспаларының сапасы талапқа сәйкес келе бермейді. Көбік қоспаларының құрылымды-механикалық төзімділігін арттыру фазалардың жиектерінде жеке газ көпіршіктерінің бірігуіне кедергі келтіретін, жабысқақ және механикалық төзімді қабықшалар қалыптастыратын, арнайы тұрақтандырғыш-заттарды пайдалануды талап етеді. Негізінде, осындай заттардың сапасы ретінде суда еритін полимерлер және ақуыз гидролизаттар, яғни құрамында -COOH, -OH және басқа да

гидрофильді топтағы заттар пайдаланылады. Дегенмен, құрамында амид, су қышқылды топтағы заттардың көп болуы, ылғалдандыру процесіне көп пайдасын тигізбейді. Сондықтан, осындай құрамдағы заттарды пайдалану түрлендіргішті қосу мөлшерін дұрыс қадағалауды талап етеді.

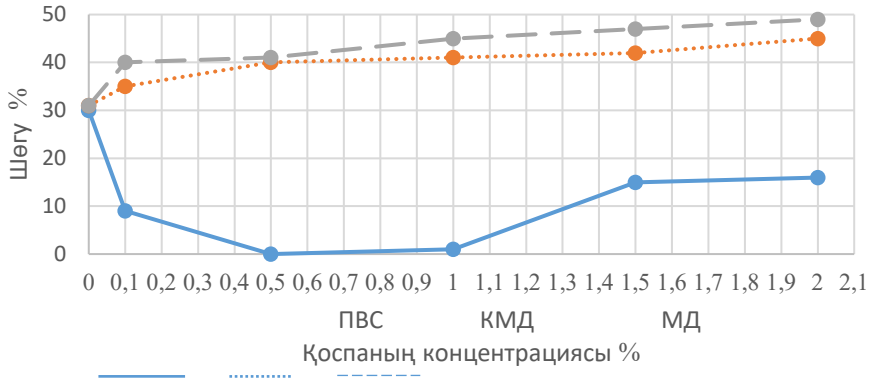
Зерттеу шарттары мен әдістері. Әдеби мәліметтерді [1] талдау беткі-белсенді заттар индукцияға дейінгі және индукция кезеңінде цементтің ылғалдануына баяу әсер ететіндігін көрсетті, бұл эксперименталды түрде әртүрлі көбік қоспаларының қатысымен цементті ылғалдандыру процесін зерттеу нәтижесіне расталды (1-сурет).



Сурет 1. Сығымдау беріктігінің көбіктендіргіш түріне және қатаю уақытына тәуелділігі

Қажетті тұрақтандырғышты іздестіру барысында суда еритін полимерлер, поливинилді спирт (ПВС) және карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) сынақтан өткізілді. Полимерді қолдану тиімділігі көбікті материалдардың төзімділік сипатына қарай, кеуектер көлемінің таралау аралығының өшеміне қарай, қатайту кезіндегі көбіктің шөгуіне қарай, сондай-ақ 28 күн барысындағы материалдың төзімділік сипатына қарай бағаланды.

Полимерді пайдалану тәжірибесі көбікті дайындау кезіндегі қатайту процесінің 30 %-ға артқандығын көрсетті, дейтұрғанмен көбік атқылаған кезде көбік массасының шамадан тыс шөгуі, газ көпіршіктерінің деформациялануы және бірігуі, саңылау аралық қабырғалардың жартылай бұзылуы байқалады (2-сурет).



Сурет 2. Шөгілетін деформациялардың модификациялаушы қоспаның концентрациясына тәуелділігі

Кеуек құрылымының осындай өзгерістері, беткі минералды бөлшектерге полимерлі материалдардың белсенді түрде тартылуымен, цементтік клинкер алюминаттарынының ылғалдандыру өнімдерімен белсенді әрекеттесуімен және қатайту процесінің баяулауымен түсіндіріледі (1-кесте).

Кесте 1

Түрлендіргіш қоспалардың түріне байланысты цементтің қату уақытының өзгеруі

Қоспалар түрі	Концентрация, байланыстырғыш заттың салмағына байланысты %							
		0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
ПБ2000	Басы	2-00	2-10	2-20	2-25	2-30	3-00	3-20
	Соңы	4-00	4-05	4-10	4-15	4-20	4-40	5-00
0,15%ПБ2000+ ПВС	Басы	2-40	2-55	3-20	3-45	4-05	4-25	4-40
	Соңы	4-30	4-50	5-10	5-30	5-50	6-10	6-30
0,15%ПБ2000+ КМЦ	Басы	2-50	3-20	3-50	4-20	4-50	5-30	6-00
	Соңы	4-40	5-00	5-20	5-30	6-00	6-30	7-00
0,15%ПБ2000+ МД	Басы	0-10	1-45	1-50	2-05	2-15	2-25	2-40
	соңы	4-10	4-20	4-30	4-40	4-50	5-05	5-20

Ылғалдандыру процесін дамыту барысына қарай, полимерлі тұрақтандырғышты өзінің беітне қарай бұратын, жоғары дисперсті жаңа плазмалар көлемі бірмезетте артады. Осылайша, полимерлі пленкалар Ж/Т бөлігінің сыртқы бетінде қалыптасады, Ж/Г бөлігінің сыртқы беті тұрақтандырғышпен біріктіріледі, көбіктің тұрақтылығы төмендейді. Сол сәтте полимер-гидратты қабықшалары цементтің бөлшектерімен көбіктің «брондалған» тұрақтандырғышының тиімділігін төмендете отырып, қатты денелердің [2] коалесценцияларын қалыптастыруы мүмкін. Осылайша, Ж/Т бөлшегінің сыртқы бетіне полимердің тартылу процесінің өте жоғары белсенділікпен жасалуының барысында, көбік цементті дененің фазааралық (Ж/Г) сыртқы бетін тұрақтандыру үшін суда еритін полимерлерді пайдалану тиімсіз болып қалады. Полимер қоспаларының артуы бір жағынан құрамының құнын арттыруға алып келсе, екінші жағынан минералды дисперсия бөлшегінің коалесценция процесінің күшеюіне алып келеді, соның нәтижесінде көбіктің шөгуі артады. Алайда, құрамында полимері бар

денелердің төзімділігі байқағанымыздан да бірнеше жоғары болады, себебі ол минералды негізді қосымша төзімдірек ететін, полимерлі пленканың қатты көбіктерінің беткі ұяшығына қалыптасуымен байланысты.

Суда еритін полимерлерге балама ретінде пайдалануға болатын нәрсе ол минералды сыртқы беттерінде гидрофобизациямен қатар тұратын тұзды қоспаларды қалыптастыруынан тұратын тұзды қоспаларды қалыптастыруға қабілеті төмен молекулалы заттар болып табылады. Құрамында цементі жоғары көбікте газды көпіршіктердің беті әрқашан клинкердің минералды бөлектерінен жасалған қаптамамен жабылады [2]. Осындай тұрақтандыру сызбасының тиімділігі минералды сыртқы беттерінің ылғалдандырғыш/ылғалдану көлеміне бйланысты. Цементті денелердің сыртқы беттері ылғалды болып келеді және көп бөлігі су ерітіндісінде болады және Ж/Г фазааралық бетінен ерітіндіге тез түседі, ол тұрақтандыратын «брон» қаптаманың төзімділігін төмендетеді. Сондықтан кейбір клинкердің сыртқы бетіндегі ылғал тұстары «брон» құрылымының тұрақтылығын және газды эмульцияның тұрақтылығын автоматты түрде арттырады. Бірақ бұл кезде газды көпіршіктердің коаленсценциясы орын алмайды, себебі Ж/Г бөлігінің сыртқы бетіндегі ылғалды тартып алу үшін бос орын қалдыра отырып, ПАВ молекуласы клинкерінің сыртқы бетінен қоспаларды ығыстырып шығарады.

Теоретикалық сілтемелерге қарасақ [3] төмен молекулярлы тұрақтандырғыштың құрылымы ПАВ құрылымына балама болуы тиіс, алайда соңғысымен салыстырғанда әртүрлі табиғаттағы бірнеше ылғалды топтардан және кальциймен төмен диссоцияланатын қосындыларды қалыптастыратын, тарамды көмірсутегінің әртүрлі аумақтары топтарынан тұруы керек. Алдын ала жасалған талдауларға қарағанда, қарастырылған қоспалардың құрамына гидроксильді, амидті топтар кіреді, сондай-ақ, кальцийдің ерімейтін тұздарын қалыптастыра алатын сульфо және карбокси топтары кіреді.

Цемент пасталары сулы жүйелелер болып табылады, сол үшін фазааралық бетінде гель тәрізді қабыршықтар қалыптастыратын заттар суды жақсы байланыстыруы қажет және ол сыртқы бетіне жақын болуы тиіс. Барынша құрылымдық әсер ететіні сумен сутегі байланысын қалыптастыра алатындай функционалды топтар, олар: OH-, NH_2-, күрделі эфир топтары. Соңғы, жоғарыда аталған функционалды топтарды ескере отырып, тұрақтандырғыш элементтері міндетті элемент екенін білуіміз керек. Қарастырылған қоспалардың тағы бір маңыздылығы олардың қолжетімділігі және бағасы болып табылады.

Шикізат ресурстарына жасалған талдаулар және алдын ала жасалған эксперименттен көретініміз, тұрақтандырғышты алу үшін оңтайлы өнім фенол мен ацетон – фенолацетон шайыры (ФАШ) өндірісінің қалдығы болып табылатындығы, оның құрамында фенол, пара-кумифенол, ацетофенон негізгі құрамдасы ретінде жүреді.

Алайда ФАШ тікелей әлсіз тұрақтандырғыш болып табылады, сонымен қатар бірқатар жағымсыз қасиеттері, соның ішінде күшті иіс және уыттылық байқалады. Бұл мәселелердің шешімі Фридель-Крафтс әсерінде белсенді болатын, диол, диен, шамадан тыс спирт және басқа да агенттер ретінде жүретін, жартылай функционалды агенттермен алкилді фенолдарды және ұшпа фракцияларды алып тастап ФАШ алдын ала бөлшектеуді талап етеді. Соның нәтижесінде бос фенол – барынша улы құраммен толықтай байланысады, құрамында бірнеше фенолды OH-топтары бар өнімдердің орташа молекулярлық денелері ұлғаяды. Фенолдардың алкилденуіндегі

өнімдердің сульфидтенуі олардың суда жақсы еруіне мүмкіндік береді және биоыдырағыштығын арттырады [4]. Алынған алкилді алмастырғыш сульфидтелген фенолдардың қоспасы (әрі қарай түрлендіргіш) фенолға тән, бактериялық қасиетін сақтайды, сондай-ақ хлорлы кальцийдің ерітіндісінде ерімейтін қалдықтар қалыптастыруы да мүмкін. Сол бір мезетте түрлендіргіш ПАВ-әлсіз қасиетінде байқатады: сулы ерітіндінің беттік керілуін төмендетеді [5], төмен көбік түзу қабілетін көрсетеді.

Түрлендіргіштің қоспаларының құрылымдарын талдау, оның байқалған ылғалдандырғыш белсенділігінің тәжірибесін ескере отырып, түрлендіргіште лингосульфонатқа ұқсас құрылым бар екендігін, сондай-ақ сульфотоптар және алкил алмастырғыш фенолды фрагмент бар екенін көрсетеді, осыған байланысты цементтің ылғалдандану процесіне түрлендіргіштің әсер ету механизмін толық түсіну үшін цементтің және цементті минералдардың ылғалдану процесіне лингосульфонаттың және басқа да баяулатқыштар-су редукторларының әсер ету механизмін қарастыру қажет.

Цементті және оның құрамын (мысалы лингосульфат) ылғалдандыру процесіне су редукторлары – баяулатқыштың әсері. Үш кальцийді алюминатты ылғалдандыру процесіне лингосульфаттың әсері (C_3A).

C_3A цементтің ұстау мерзіміне маңызды әсер етеді. Сондықтан көптеген жұмыстар C_3A ылғалдануындағы су редукторлары-баялатқыштарды қоспасының ролін анықтауға арналған. Үш кальцийлі алюмиантты ылғалдандырудың гидроалюминатты-өнімдерінің метатұрақты екі формасы белгілі: C_4AH_{13} және C_2AH, олар сосын тұрақты кубикалық гексагидратқа C_3AH_6 айналады, теңдігі мынадай болады:

$$2\ C_3A + 2IH = C_4AH_{13} + C_2AH_8 \quad (1)$$
$$C_4AH_{13} + C_2AH_8 = 2\ C_3AH_6 + 9H$$

Гексагональды гидраттың кубикалық C_3AH_6 өзгеру сатысы температураға, су-цемент қатынасына және C_3A гидратациясына байланысты. Лингосульфаттарды енгізу екі процесті де баяулатады: C_3A гидратациясын да және гексагональды гидроалюминаттың кубикалық гексагидратқа өзгеруін де баяулатады [6], әсіресе лингосульфаттардың қоспасын арттыру цементің белсенді ылғалдануын тежеу барысында күшейеді.

Гексагональды гидроалюминатты екі эндотермиялық әсер бойынша анықтауға болады: біріншісі 150-200 °С және екіншісі 200-280 °С, сол кезде кубикалық C_3AH_6 екі эндоәсерлерде 300-350 және 500-550 °С сәйкес аралықта болады.

Лингосульфонаттар жоқ кезде C_3AH_6 6-сағаттан кейін байқалады және 7 тәуліктен кейін негізгі фаза болады. Құрамында линосульфонаттар бар сынамаларда бұл фаза тек 14 тәуліктен кейін ғана байқалады және 6 айға қарай басымдық көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері. Лингосульфонаттар кальцийдің гидроалюминаттарының морфологиясын өзгертеді. Авторлар [6] қатаюдың бірінші минуттарында лингосульфонаттардың қатысымен ине кристаллдарының қалыптасуын байқаған. Біраз уақыттан кейін оралған жұқа және өте жұқа пластинкалы гидраттар қалыптасады.

Гипс пен кальций гидрооксиді бар кезде (портландцементке балама қатынаста) C_3A гидратация келесідей сатымен жасалады [6]:

C_3A бөлімі мына теңдік бойынша эттрингит қалыптастыра отырып гипспен әсер етеді:

$$2\ C_3A + C_3A\ *3CaSO_4*2H_2O = C_3A*3CaSO_4*32H_2O \quad (2)$$

Гипсті қолданғаннан кейін эттрингит кальцийдің гидросульфоалюминатының төменгі сульфатты түріне айналуы орын алады:

$$2\ C_3A + C_3A\ *3CaSO_4*2H_2O = C_3A*3CaSO_4*32H_2O \quad (3)$$

Қалған C_3A жекелеп гидроксидпен және кальций моносульфоалюминатпен әрекеттеседі, ол мына теңдікте көрсетіледі:

$$xC_3A+чCa(OH)_2+(1-x)C_3A*CaS0_4*12H_20= C_3A[Ca(OH)_2]x*(1-x)CaS0*12H_{20} \quad (4)$$

Ал қалған C_3A кальций гидроксидімен және C_4AH_{19} қалыптастыра отырып сумен әсерге түседі:

$$C_3A+Ca(OH)_2+18\ H_20=C_4AH_{19} \quad (5)$$

ДТА, РСА әдісімен C_3A - C_3A лингосульфонат кальцийді қосу C_3A мен гипс арасындағы әсердің аздап жылдамдауына алып кететіндігін байқаймыз. Сосын олардың әсері аздап баяулай бастайды. Лингосульфонаттар бір мезетте жоғары сульфонатты гидросульфоалюминатты кальций-эттрингит формасы төменгі сульфатты үлгіге өзгеруін айтарлықтай тежеп қалады. Осылайша, лингосульфонаттар кальцийдің гексагональды гидроалюминатын тұрақтандырады.

C_3A ылғалдану процесіне гидрокси қышқылы және көміртегі сияқты басқа да органикалық қоспалардың әсері лингосульфонатпен [7] және жалпы механизм түріндегі әсері адсборция және күрделі түзілу түрінде суреттелуі мүмкін.

C_3A гидратациясына органикалық заттардың баяу әсер етуі алғашқы қалыптасқан гексагональды фазаның метатұрақты бетіндегі судың тартылуымен байланысты. Гексагональды фазаның сыртқы бетіндегі кешенді органикалық заты туралы мәліметтер ДТА көмегімен алынған; C_3A алынған және 1 % кальций глюконат, глюкон қышқылы немесе глюкоза пастасында 400°С кезінде экзотермиялық әсер байқалған. Зерттеулер барысында, органикалық заттардың молекуласы C_4AH_{13} қабаттары арасына өтіп және Ван-дер-Ваальс күштердің және сутек байланыстарының арқасында гомеополярлы беткі кешендерді қалыптастыруы мүмкін.

Жұмыстың авторы, қарастырылған қоспалардың баяу әсер етуінің себебі олардың гидрокси топтарының сутекті байланыстарында деп түсіндірді. Жоғарыда аталған [5-7] сілтемеге сәйкес әсерлердің ылғалдануын баяулататын көптеген заттар, карбонилді топтардан және гидроксильді топтардан құралған, ол α – жағдайында болады. Бірақ карбоксилдің өзі және α – гидроксикарбонилді топтар, C_3A ылғалдану процесіне айтарлықтай әсер етпейді. C_3A ылғалдануын баялататын әрекеттер екі және одан да көп гидроксилді топтардан тұратын, органикалық заттарға тән болады.

Органикалық суды төмендетіп сіңіріп алу екі процесті де тежеп қоюы мүмкін: кальцийдің гексагональды гидроалюминатының қалыптасуын және олардың кубикалық фазаға айналуын тежеуі мүмкін. Сондықтан дәндердің айналасында қалыптасатын C_3A, кальцийдің гексалгональды гидроалюминатынан жасалған тұрақты, тығыз қабықшалар және оларға

тосқауыл қоюы, осы минералдағы ылғалдану процесінің баяулауына себеп болуы мүмкін. Осы орайда органикалық суды төмендеткіштің баяу әсер етуі олардың гидроксильді, карбоксильді және карбонильді топтарындағы молеулалардың жалпы көлемімен сәйкес келеді [8].

Алдыңғы жұмыстарда, HO-C-C=0 сияқты оттегі атомдары бір-біріне жақын орналасқан, құрамында оттегісі бар функционалды топтардың бір немесе бірнешеуі бар органикалық заттар, ерітіндіде кальций-, алюминий-, темір- және силикат-иондармен хелатты кешендер қалыптастыруға қабілетті болады. Сондықтан кешенді пішіндер осы заттардың баяу әсер ету механизмінде маңызды орын алуы мүмкін.

Ылғалдану процесін баяулату үшін α – гидроксил карбонатты топтардың болуы керек емес. Құрамында карбоксильді және гидроксильді топтары бар немесе ОН-топтары жоқ қарапайым органикалық заттар C_3A ылғалдануын баяулатпайды, олай болса екі және бірнеше гидроксилді топтармен бірлескен органикалық қоспалар сияқты C_3A ылғалдануын тежейді. Байқағанымыздай, карбоксильді бір немесе екі гидроксильді топтармен құрылымды осы органикалық заттар ылғалдануды барынша баяулататын түрге жатады.

Кальций-иондар гидрокси-қышқылдар және екі негізді қышқылдарды үйлестіре алғанымен, бұл кешендер жеткілікті дәрежеде тұрақты болмайды. Сондай-ақ, осы кешендердің тұрақтылық үйлесімділігі және олардың ылғалдануының баяу әсерінің арасындағы үйлесімділікте байқалмайды. Сонымен қатар, кешендердің тұрақтылығының төмен үйлесімділігіне және кальций-иондардың жоғарғы деңгейдегі органикалық қоспаларының төменгі үйлесімділігіне байланысты су ерітіндісінде соңғы тепе-тең қоспалар аз ғана өзгеріске ұшырайды. Соған байланысты кальций-иондарды кешенді қоспаларға байланыстыру олардың ылғалдану процесін тежеуде маңызды фактор бола алмайды [8].

Кешенді пішіндердің тиімділігі олардың ерітіндідегі аздаған қоспаларымен байланысты алюминий және темір иондары үшін маңызды роль ойнауы мүмкін. Цементті ылғалдалдыру кезіндегі су ерітіндісінің талдауы қантты қосу барысында осы иондардың қоспалары артатындығын көрсетеді.

Органикалық заттармен алюминат-иондардың ерітінді кешенін қалыптастыра отырып, қантты аз көлемде қосқанмен C_3A ылғалдануы кезінде бастапқы белсенділікті арттыруға болатындығын байқаймыз. Бұл деген қантты сол көлемде қосып жеделдету қызметін орындауға болатындығын көрсетеді және портландцементтің жалған қатаюына алып келеді.

Осылайша, органикалық заттардың жалпы баяу әсері қорғаныс қабықшаларының бетінде ылғалды бетіндегі органикалық молекуланы тартып алу есебінен гексагональды фазаны тұрақтандыру нәтижесінде ылғалдандыру процесін баяулатып және алюминатты қоса отырып кешен қалыптастыру арқылы ылғалдандырудың бастапқы сатысын жеделдете отырып процестің күрделі кешенін ұсынады. Мұндай суды төмендеткіштің органикалық яғни глюкоза, сүт қышқылы, глюконат және малон қышқылы сияқты қоспалары гексанональды фазаны тұрақтандыру есебінен, кубикалық C_3AH_6 гексагональды гидроалюминатқа айналуын тежейді. Тәулік өткен соң 60 °С-та және 75% ылғалдылықта C_3AH_{13} формасы толықтай C_3AH_6 формасына және $Ca(OH)_2$ айналады, олай болса 33% ылғалдылық кезінде тек жеке фазаға ғана айналуы мүмкін. Егер C_4AH_{13} глюкозаның сулы ерітіндісімен араласса, онда 60 °С кезінде фазаға өту тек 100% ылғалдылық кезінде ғана мүмкін болады.

Әртүрлі зерттеу жұмыстарының негізінде олардың баяулатқыш әсерлеріне қарай барынша кең таралған суды тежегіш-қоспалардың көпшілігін

келесі қатармен қойып шығуға болады: глюкон түріндегі қышқыл≥ көміртегі (глюкоза және сахароза сияқты)≥ лингосульфонаттар.

Суды тежегіштер болған кездегі гидросиликат морфологиясының өзгеруі.

Суды тежегіш-баяулатқышты енгізу ылғалдандырғыш өнімдерін қалыптастыратын морфологияның өзгеруіне алып келеді. Эттрингит морфологиясын қанттың көмегімен өзгертуге болады. Эттрингит сульфат-иондармен бағаналы құрылымдар және сол құрылымның ішіндегі су молекуласымен қалыптасады. Органикалық молекулалар бағаналы құрылымдардың ішіне өтіп және эттрингит қалыптастыруы мүмкін, бұл қант арқылы эттрингитті моно-сульфоалюминатқа айналдыруды баяулату туралы мәліметпен келісіледі C_3A-$CaSO_4$-$12H_2O$.

Эксперимент төмендегі теңдік бойынша әсер ету жылдамдығын көрсетеді:

$$C_3A+3CaSO_4*2H_2O+H_2O=C_3A*3CaSO_4*32H_2O \quad (6)$$

Бұл қанттың қандай кезде қосылғанынан да байланысты. Мысалы, осындай әсерді толық жүзеге асыру үшін талап етілетін қант тура уақытында болмаған жағдайда C_3AH_{13} жүйесі үшін молярлы жағдайда C_3AH_{13} құрайды. 0,7% сахароза бұл жүйеде 17-ден 1,5 немесе 60 с дейінгі уақытта өзгертеді, ол сахарозаның бірден немесе бірнеше уақыттан кейін қосылғанына байланысты. Бұл тәжірибе, цементке және оның құрамына ылғалдандырғыш заттардың кинетикасына әсер етпейтін немесе жеделдеткіш, баяулатқыш қоспаларға тура сол бір қоспаны қоса беруге болмайтындығын көрсетеді. Қоспаның құрамы, концентрациясымен қатар, оларды салу тәсілдерін де білу маңызды. C_3AH_{13} жүйесіне суды қатайту үшін сахарозаны қосу кезінде 7 минуттан кейін бірден сахароза 99% тартылып қалады, ол C_3A түйіршігінде эттрингиттің тығыз су өткізбейтін және типтік жұқа қабықшасының қалыптасуына кедергі келтіреді. Сондықтан гипстің қатысымен C_3A ылғалдандыру процесті жай ғана тежеу үшін жеткілікті көлемдегі эттрингит қалыптасқанға дейін қарқынды болуы мүмкін. Егер осындай цемент езбесінде төмен В/Ц эттрингиттің салыстырмалы түрде көп көлемі қалыптасса, онда бұл соңғысы дұрыс ұстамайды.

Үш кальцийлі силикаттың ылғалдану процесіне су тежегіш-баяулатқыштың әсері (C_3S)

Үш кальцийлі силикат C-S-H және $Ca(OH)_2$ гель жасай отырып ылғалданады, ол мына теңдікте көрсетіледі:

$$C_3S+H_2O\rightarrow C-H+CH \quad (7)$$

Қисық ДТА және ДТГ C3S пастасы үшін - 150 және 500 °C кезіндегі екі эндотермиялық әсер байқалады, ол C-S-H және CH сәйкес келеді. Егер C_3S пастасының ылғалдану процесінде ол карбонизацияға ұшырамаса, тағы бір 800°C кезіндегі $CaCO_3$ тиесілі әсер орындалады.

C_3S әсерін баяу ылғалдандыратын қоспаларды сол бір бастапқы қатарға орналастыруға болады, дәлірек айтсақ: глюкон қышқылы және соған ұқсас қышқылдар≥ көміртегі (глюкоза сияқты)≥лингосульфонаттар.

Лингосульфонаттар және басқа да органикалық су тежегіш қоспалардың әсер ету механизмі бойынша C_3S ылғалдандыру процесінде төрт негізгі гипотеза болады. Олардың алғашқы үшеуі: адсорбция, қабықша қалыптастыру

(жоғары дисперсті гидратталған фазаларға байланысты) және кешенді қоспалардың қалыптасуы – осы қоспалардың қатысымен C_3S ылғалдануын қарастыру кезінде суреттелген. Төртінші гипотеза (адсорбциялы) органикалық су тежегіштің C_3S ылғалдыну процесіне әсерін олардың кристалдандыру орталығын қалыптастыру әсерімен байланыстырады.

Адсорбциялық гипотеза. Лингосульфонаттар сусыз ортада C_3S сіңбейді. C_3S – H2O – лингосульфонат жүйесінде лингосульфонат кальцийдің 1 мг/мл дейінгі қосындысы болған кездегі сіңіру көлемінің артқандығы анықталған.

Бұл осы лингосульфонаттың аз ғана мөлшерінің қатысымен C_3S ылғалдануы кезіндегі жоғары дамыған салмақты қабықшасымен C-S-H – фазасының маңызды көлемі қалыптасуымен түсіндіріледі. 1-ден 3 мг/мл лингосульфонат кальцийдің қоспасы артуына байланысты осы қоспалардың тартылып сіңіп кетуі төмендегені байқалады, себебі C_3S ылғалдануы төмендеген.

Ары қарай C_3S ылғалдануы төмен болғанымен, лингосульфонаттың мөлшері (3 мг/мл жоғары) өсуіне байланысты адсорбцияның артқандығы байқалады. Байқауымызша, бұл әсерді C-S-H – фазаларының қабатаралық кеңістігіне лингосульфонаттың молекуласының өтуімен немесе лингосульфонат кальцийдің тартылуымен орын алатын, бөлшектердің дисперсиясымен байланыстыруға болады.

Қоспалардың төменгі деңгейімен байланысты адсорбциялы-адсорбциясыз қисық адсорбцияланбайтын тармақтарда C_3S ылғалдандыру өнімдерімен төзімді кешен қалыптастыратын лингосульфонаттарды көрсететін, адсорбцияның мүмкін емес жағдайларымен үйлестіруге болады.

Лингосульфонаттар C-S-H-фазалардың сыртқы бетінде ғана хемосорбцияланып ғана қоймай, сондай-ақ сыртқы бетінде қоспалар қалыптастырады, ол 800°C кезінде ДТА экзотермиялық әсердің болуымен расталады. Моно-C-S-H-фазалар нақты сызықты көрсетпеуіне байланысты бұл жағдайда рентгендік дифрактометрия жарамсыз.

Сулы фазада СН тартылған лингосульфонаттың мөлшері, қоспалардың есебінен артады. Бұл бөлшектердің дисперсиясы барысында жасалады және соған сәйкес физикалық тартылыс және лингосульфаттың химиялық әрекеттестігі орындалады.

Бұған дейін суреттелген нәтиже лингосульфонаттар C_3S емес, оны ылғалдандыратын өнімдерге тартылатындығына дәлел болады, мысалы C-S-H және СН. Осылайша, C_3S лингосульфонаттың сіңуін көрсету және ылғалдандырғыш әсердің баяулау себебі осы органикалық қоспалардың гидратты жаңа қалыптарға сіңіп кетуін өзгертуі керек.

C_3S ылғалдануына лингосульфонаттардың әсері, олардың C_3S арасындағы қатынасымен емес, сұйық фазадағы қоспасымен анықталады. Байқауымызша, C_3S ылғалдануын ерте кезеңде тежеу 2,5 мг/мл жоғары лингосульфонат қоспасы кезінде қамтамасыз етіледі. Лингосульфонаттың баяулағыш әсері C_3S ылғалдану өнімінің сыртқы бетін, лингосульфонат және судан қосылған сыртқы кешендердің тұрақтылығымен байланысты, әсіресе бұл кешеннің тұрақтылығы қаншалықты жоғары болса, соншалықты сұйық фазадағы лингосульфонатың қоспасы артық болады.

C_3S сумен аралсу сәтіндегі ерітіндіге кальций және силикат-иондар түседі. Сахароза немесе қышқыл сияқты баяулатқыш-қоспалар C_3S – H_2O жүйесіндегі сұйық фазадағы силикат-иондардың қоспасын арттырады. Бұған дәлел Ca^{2+} - иондардың қатысымен кешенді қоспалардың қалыптасуы, ол сол

қоспалардың төмендеуіне алып келеді, C_3S ерітіндісіне кедергі келтірмейді және силикат-иондардың қоспаларының көбеюіне себеп болады.

Ерітіндідегі кешендер сұйық фазадағы кальций-иондардың қоспаларын төмендетіп және СН кристалдардың көбеюіне жол бермейді, соның нәтижесінде осы қоспалардың әсерін баяулатуға мүмкіндік туады. Ca^{2+} және глюконат арасындағы кешенде шамамен 16 константа бар. Алайда кейбір жағдайларда ерітіндіде күрделі түзілу C_3S ылғалдану процесін тежеудің басты факторы болып саналмайды, себебі осы кешендердің тұрақтылығының константы төмен және оның көмегімен сұйық фазадағы кальций-иондардың қоспасының деңгейін қатты төмендету мүмкін емес.

Келесі C_3S қарқынды ылғалданудың бастапқы қысқа кезеңінен бұрынғы, индукциялық кезеңде процесті бақылаушы фактор сұйық фаза көлеміндегі C_3S бетінен кальций-иондар диффузияланып, Ca^{2+} қоспасының артуына алып келеді. C_3S экрандау C-S-H бөлшектерімен кальций-иондардың диффузиясы үшін бөгет болуы мүмкін.

Алдыңғы жұмыстарда келтірілгендей, гипотезаға сәйкес силикат-иондар СН кристалдарының түйіршіктерінде тартылады және олардың көбеюіне мүмкіндік бермейді, сондықтан көрсетілген әсерге мүмкіндік ретінде $Ca(OH)_2$ қатысты күштілеп суландыру талап етіледі. СН және C-S-H кристалдандыру C_3S ылғалдануының индукциялық кезеңінің соңына қарай басталады, ол кезде белгілі деңгейде сулануға қол жеткізеді.

Осы теорияға сәйкес, эмбриондардың қалыптасуын және СН өсуін тежейтін кез-келген зат баяулатқыш-қоспа ретінде әрекет етеді. Органикалық заттардың осындай әсері кальциймен (СН кристалданатын эмбрионда) хелат түзу қабілетіне байланысты жазылады. Расында да көптеген баяулатқыш-қоспалар хелат түзуге барынша қолайлы екенін көрсетеді. Сол сияқты, органикалық қоспалар C_3S сулы пастасын ылғалдандыратын СН крисатлдарының санын азайтатындығы анықталған.

Лингосульфонаттар көп мөлшерде қосылған кезде СН кристаллдарының көбейуін тежейді. Егер олардың қоспасын арттырса, онда кристаллдардың өсімі толықтай басылып қалады. Сондықтан C_3S ылғалдану лингосульфонаттарының баяулауын C_3S сумен әрекеттесуінің ерте сатысындағы процестің қозғалыс күшінің СН- кристаллдарының өсу сатысын тежеумен түсіндіріледі. Тиімді баяулатқыштардың қатысымен олардың әсерін СН өсімді кристаллдарының көлемін азайту барысында СН аморфты жоғары дисперсті бөлшектердің санын арттырумен байланыстыруға болады.

Осылайша, процес барысында өзгеріске тсүпейтін органикалық молекулалар, мысалы спирттер C-S-H эмбриондарының қалыптасу сатысын бәсеңсітіп тастайды.

C_3S ылғалдандырғыш өнімдеріне лингосульфонаттың тартылуы C_3S ылғалдандырғыш өнімдерге сияқты маңызды болады және сол сызбамен жасалады. Алайда, сұйық фазадан C_3A ылғалдандыру нәтижесінде C_3S ылғалдандыру кезіндегіге қарағанда лингосульфонат көп тартылады, ол ылғалдану процесінің тез жасалуымен түсіндірілуі мүмкін. Сондықтан C_3S - C_3A – H_2O жүйесінде C_3A нәтижесіндегідей лингосульфонаттардың құрамының азаюы мүмкін.

Бұл лингосульфонаттың C_3A деген көлемі қаншалықты жоғары болса, соншалықты C_3S ылғалдануына лингосульфонаттың әсерін тежеуге қарсы тұратын C_3A қабілеті әлсіз екеніне дәлел болады.

Бұл нәтижелер көріп тұрғанымыздай, сулы ортадағы алюминатты фазамен тартылған, лингосульфонаттың көлемі келесі қатардағыдай

тұратындығын көрсетеді: $C_3A \geq C_4AH_{13} \geq C_2AH_8 \geq C_3AH_6$, әсіресе бұл адсорбция зерттелетін жүйедегі C_3S ылғалдану процесіндегі лингосульфонаттың әсерін бағалау кезіндегі бақылаушы фактор ретінде танылуы тиіс.

Глюкоза және глюконат натрий сияқты басқа да органикалық су тежегіш-қоспалардың әсері бұған дейін қарастырылған лингосульфонаттың әсеріне ұқсас болады.

Бұл жағдайда портландцементтің бір компонентінің басқа компоненттің ылғалдану процесіне әсерін ескеру керек. Негізінде кәдімгі мөлшердегі лингосульфонаттың әсеріне қатысты мынадай қорытынды жасауға болады, яғни бірдей су-цемент қатынасында цементтің салмағы 0,2-0,3 %:

а) цементтің қатайғанына дейінгі мерзімді аздап ғана созады немесе аздап қысқартады (олардың және цементтің құрамына байланысты);

б) олар цемент қатқанға дейінгі кезеңнің ұзақтығын баяулатады және ерте мерзімде цементті материалдардың төзімділігін төмендетеді;

в) олар ерітіндінің және бетонның төзімділігін қатайтудың соңғы сәттерінде ғана аздап арттырады.

Ғылыми нәтижелерді талқылау. Цементтік материалдарға лингосульфонат натрийді енгізу C_3A ылғалдану процесін жеделдетуге алып келеді, ол мына теңдікте көрсетілген:

$$C_3A+3CaSO_4*2H_2O+H_2O=C_3A*3CaSO_4*32H_2O \quad (8)$$

СН жоқ болған жағдайда, бұл қоспа C_3S ылғалдануы кезінде $Ca(OH)_2$ бөлінуін тежейтіндіктен осылай болады; сонымен қатар сілтінің құрамы көп болған кезде СН ерігіштігі төмендейді.

Сілтісі көп қоспаны цементке қосу кезінде (1,2 % K_2O+3 % Na_2O) 0,2 % кальцийдің техникалық лингосульфонаты (бұл қоспалардың құрамында қантта бар) C_3A ылғалдануы жылдамдап және 2-3 с барысында C_3S ылғалдануы тежелетіндігі байқалған.

Егер Ca_4AF әрекеті C_3S әрекетіне ұқсас, ал C_3S ылғалдану сатысы алғашқы бірнеше сағаттарда өте аз деп алсақ, онда лингосульфонатты қосу C_3S цементтің алюминаттық фазасының көп қосылуы кезіндегі қатаю мерзімін қысқартуы мүмкін және сол фазалардың төменгі деңгейінде уақытты ұзартуы мүмкін.

Техникалық ЛСК көп мөлшерде қосылған жағдайда (0,3-0,5%) цементтің тез қатуын қамтамасыз ете алады, ол ЛСК құрамында қант болған жағдайда жасалады, әрине егер сол кальций лингосульфонаты сол мөлшерде қосылған болса, ал құрамында қанты жоқ болса цементтің қату мерзімін азайта алмайды. Сонымен бірге цементтің тез қатуы көміртегі негізіндегі қоспаларды пайдаланған кезде де байқалады.

Қоспаны цементті қатайтқаннан кейін бірнеше уақыттан соң қосу процестің жылдам ерте уақытта аяқталуына және қоспалардың тез сіңіп кетуіне алып келеді. Сұйық фазадағы қоспалардың құрамының көп болу нәтижесінде, барлық сатыда цементтің ылғалдану процесі барынша баяу орын алады, бұл орайда сумен қатайту әрекеті іске аспайды.

Цементтің ылғалдануының өте ерте кезеңінде, онда лингосульфонаттардың болуы процесті тездетуі немесе баяулатуы мүмкін, әдетте бұл жағдай бір күнге дейін айтарлықтай баяу жүреді. 1-кестеден байқағанымыздай лингосульфонаттар осы уақыт ішінде C_3S сияқты, C_3A ылғалдануында қатты тежейді, сондықтан цементтің қатаю ұзақтығы да тежеледі.

Бұл жағдайды гипстің қатысының C_3A ылғалдануына лингосульфонаттардың әсер ететіндігі деп түсіндіруге болады. Қалай эттрингит қалыптасады, ол органикалық заттардың молекуласын тартып алады және эттрингиттің моносульфоалюминат кальций қоспасына айналуын баяулату барысында C_3A ылғалдануын да тежейді. Бұған қосымша сұйық фазадағы лингосульфонаттың қоспалары сол деңгейде қалады, ол бір мезетте ылғалдануды да C_3S тежейді. Соның нәтижесінде цементтің қату уақыты баяулап қоймай, пішіндердің 1 тәулік уақыттағы қату төзімділігі де баяулап қалады.

Әсіресе лингосульфонаттың қосылған жағдайда гипс және C_3A өте аз құрамынан жасалған цементтің қату уақыты өте баяу жүреді, себебі осы процеске және цементтік материалдың ерте қатуына ферритті фазаның зиянды әсерін тежеу үшін сульфаттың мөлшері аз болған. Органикалық қоспалар жоқ болған жағдайда темірге бай эттрингит қалыптастыра отырып Ca_4AF гипспен әсерге түседі, сондықтан мұндай цементтер қалыпты уақытта қатады. Ca_4AF ылғалдануы кезінде гипс жеткіліксіз болса темір гидроксиді (III) гелі бөлінеді, ол C_3S тұндырылған және қалыптардың ерте түзіліуі және қату уақытын барынша ұзақ баяулатады. Көріп отырғанымыздай лингосульфонаттар темір гидроксиді гелін қалыптастыра отырып, эттрингит темірге бай пішіннің қалыптасуын баяулатады.

Лингосульфонаттарды қосқан кездегі C_3A және гипстің құрамы аз болуына байланысты цементтің қату уақыты және ылғалдану процесінің өте ұзақ тежелуін цементті өндіру кезінде көп мөлшерде гипс қосу арқылы болдырмауға болады және бетон өндіру кезінде лингосульфонаттың мөлшерін азайту арқылы да жасауға болады.

C_3S цементтің сынамасының дифрактограммасына қарқынды әсер етуі қоспасыз сынамаларға қарағанда лингосульфонатты қосқан кезде әлсіз болады. Бұл нәтижелер C_3A немесе C_3A + гипстің қатысымен лингосульфонатты қосқан кезде C_3S ылғалдануы тек бастапқы кезде ғана тежелетіндігін көрсетеді; әрі қарай лингосульфонатты көп мөлшерде қосып C_3A ылғалдандыру өнімдерінде сіңіру барысы орын алады, оның сұйық фазадағы қоспалары барынша аз болады, тіпті C-S-H және CH эмбриондарының қалыптасуын да баяулатуға шамасы жетпей қалады.

C_3S ылғалдануына линго-сульфонаттың баяу әсер еткенінен кейінгі уақыт ұзақтығы жеделдету әрекетімен алмасады. Ол осы қоспалардың құрамы және мөлшеріне байланысты болады, сондай-ақ цементтің сыртқы салмағы және химиялық-минеарлды құрамына да байланысты: сыртқы салмағы төмен цементтердің қоспалардың әсерін жедел түріне алмастыру дисперсті цементке қарағанда өте кеш байқалады.

Кәдімгі портландцемент үшін 0,28 % лингосульфонат кезіндегі буланбайтын судың мөлшері бастапқыда бақылаудағы сынамамен (қоспасыз) салыстырғанда төмендейді, бірақ сосын 2-3 тәуліктен кейін ол бақылаулық сынамаға қарағанда жоғары болады.

Төмен-алюминатты цементті пайдалану кезінде бұл лигносульфонаттың қоспаларын баяулатқыштан жеделдеткішке айналдыру сәті тек 10 тәуліктен кейін ғана жасалады.

Балама нәтижелер кәдімгі және төмен алюминатты цементті пайдалану кезінде алынады (сыртқы беті жоғары салмақты екі түрі – шамамен 450 м/кг). Бұл орайда төмен-алюминатты цементтен алынған пішін үшін 1 және 3 тәулікте қысу кезінде төзімділіктің төмендеуі байқалады. Алайда кейде

лигносульфонатты қосу оның ауа жұту әсері барысында пішіннің төзімділігінің жоғары болуына алып келеді.

Лингосульфонатардың қоспалары цементтік тастың микроқұрылымдары және морфологиясын айтарлықтай өзгеріске ұшыратпайды; бірақ құрылым цементтің түйіршіктеріне осы қоспалардың дисперсиялы әсер етуі барысында бірнеше тығыздау болатыны рас.

Окси қышқылын қосу әсері, мысалы глюконат және көміртегі, глюкоза және сахарозаны қосудың портландцементті ылғалдандыру процесіне әсер етуі лигносульфонаттар үшін ұқсас болып келеді, дейтұрғанмен соған сәйкес нәтиже алу үшін салыстырмалы қоспалардың әртүрлі мөлшерлері керек болады.

Негізінен бұл суды төмендеткіштер цементтің ылғалдануының өте ерте сатысын тежейді (қатаю барысын, сондай-ақ тәуліктік уақыттағы төзімділігін тежейді) және сонымен қатар өте кеш уақытта болса да цементтің ылғалдану сатысын арттырады.

Глюконат натрий, лимон қышқылы және аздап сахарозаның қоспаларын бірдей мөлшерде қосқан кезде цементтің бастапқы кездегі қатаюын баяулатады, ал лигносульфонат кальций, салицил қышқылы, гептонат және борогептонат натрий қоспаларын қосқан кезде қатаю процесі баяуламайды. Органикалық су тежегіштердің баяулатқыш қабілеті цементтегі сульфат және алюминаттың құрамын анықтайды.

Қорытынды. Гидроксикарбонатты қышқылдар құрамында сілті және C_3S мөлшері көп цементке қарағанда, төмен сілтілі және төмен алюминаттар қосылған цеметтің қату уақыты ұзақ болатындығы дәлелденген жағдай. Балама әсерлер мына цементтердің ылғалдануы кезінде жылу бөлуді зерттеу кезінде анықталған: жоғары сілтілі сұйық фазада $Ca(OH)_2$ қоспалардың төмендеуіне алып келеді, ал жоғары алюминатты – алюминаттың ылғалдандырғыш өнімдерінде қоспаларды азайтуға алып келеді. Жоғарыда аталған екі әсердің де нәтижесі - C_3A және C_3S ылғалдану процесіне гидроксикарбонат қышқылының баяулатқыш әсерін азайту керектігін көрсетеді.

Тез ылғалдандыру цементтік материалдардың төзімділігін тез байқау сияқты, 0,01 % органиклаық су тежегіштердің қатысымен баяулайды, тіпті дәл осы нәтиже қатқанға дейінгі мерзімге осы қоспалардың әсер ету барысына тәуелді болмайды. Бұл жағдай көрсетілген қоспалардың цементтің ылғалдану процесін ерте бастан баяулататынын көрсетеді. C_3A ерте ылғалдандыру глюкоза және глюконат натрий қоспаларының әсерінен баяулайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Гладкин, К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол [Текст] / К.В. Гладкин. М.: Стройиздат, 1999. 255 с.
2. Ахметов, А.Р. Изделие из ячеистого бетона - эффективные материалы для сейсмостойкого строительства [Текст] / А.Р. Ахметов, Д.А. Ахметов // Вестник Нац. Инженер академий РК. 2000. №1 (5).
3. Ахметов, Д.А. Повышение стоикости плотности и прочности ячеистобетонных изделий [Текст] / Д.А. Ахметов, А.Р. Ахметов // НПЖ «Архитектура, строительство, дизайн». 2006. №1.
4. Баженов, П.Н. Основы технологий автоклавных материалов [Текст] /П.Н. Баженов. Ленинград.: ЛИСИ, 1998. 154 с.
5. Суриков, В.Н. Перспективы развития ячеистых бетонов [Текст] / В.Н. Суриков // Бетон и газобетон. 2009. №4. С. 12-15.

6. Ахметов, Д.А. Влияние вещественного состава цементов на основные свойства ячеистого бетона [Текст] / Д.А. Ахметов // НТЖ «Вестник НИИСтромпроекта». 2014. №1-2 (12).
7. Рахимов, М.А. Модифицированный легкий бетон на стекловидном заполнителе из отходов промышленности [Текст] / М.А. Рахимов, А.М. Рахимов // РЖ «Труды университета». 2019. № 2 (75). С. 90-94.
8. Ахметов, А.Р. Современное состояние и перспективы производства ячеистого бетона в Казахстане [Текст] / А.Р Ахметов, К.А. Бисенов, К.К. Куатбаев. Алматы: Ғылым, 1998.

Материал редакцияға 24.02.24 түсті.

Н.З. Артиков[1], Б.Т. Копжасаров[1], С.М. Моминова[1], С.Т. Дуйсенбаева[2], Г.Т. Копжасарова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан
[2]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ НА ОСНОВЕ АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ

Аннотация. В статье рассматривается использование смесей для производства ячеистого бетона на основе алкилзамещающих фенолов, которые замедляют действие смачивания цемента. Использование алкилзамещающих фенолов позволяет сохранить цемент с низким содержанием щелочи и алюминия на более длительный срок по сравнению с цементами с высоким содержанием трехкальциевых и щелочных добавок. При исследовании хода тепловыделения, при увлажнении следующих цементов также были выявлены альтернативные эффекты: цементы с высоким содержанием щелочи уменьшают примеси кальция в водной кислоте в жидкой фазе, а цементы с высоким содержанием алюминия менее увлажняют алюминаты. Результат обоих альтернативных эффектов, упомянутых выше, показывает, что три кальцинированных алюмината и три кальцинированных силикатов уменьшают течение действия увлажняющей карбонатной кислоты на процесс гидратации.

Ключевые слова: ячеистый бетон, поливиниловый спирт, карбоксиметилцеллюлоза, суперпластификатор, вяжущее, теплопроводность, водостойкость, смеси ячеистого бетона, усадка.

N. Artikov[1], B. Kopzhasarov[1], S. Mominova[1], S. Duisenbayeva[2], G. Kopzhasarova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan

CONVERSION MIXTURE BASED ON ALKYL-SUBSTITUTED PHENOLS

Abstract. This article explores the utilization of mixtures in the production of cellular concrete, leveraging alkyl-substituting phenols to attenuate the wetting impact of cement. Incorporating alkyl-substituting phenols enables the preservation of cement with low alkali and aluminum content for extended durations compared to those with higher levels of tricalcium and alkali additives. Investigation into the heat release patterns during the wetting of various cements revealed additional alternative effects: high alkali content cements diminish calcium impurities in aqueous acid within the liquid phase, while high aluminum content cements exhibit reduced moistening of aluminates. Both of these

alternative effects collectively demonstrate that tricalcium aluminates and tricalcium silicates mitigate the influence of humectant carbonate acid on the hydration process.

Keywords: porous concrete, polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, superplasticizer, binder, thermal conductivity, water resistance, cellular concrete mixtures, shrinkage.

References

1. Gladkin K.V. Izdeliya iz yacheistykh betonov na osnove shlakov i zol [Products made of cellular concrete based on slags and ashes]. ¬ Moscow: Construction publishing house, 1999. ¬ 255 p., [in Russian].
2. Akhmetov A.R., Akhmetov D.A. Izdeliye iz yacheistogo betona - effektivnyye materialy dlya seysmostoykogo stroitel'stva [Cellular concrete products are effective materials for earthquake-resistant construction] // Vestnik Nats. Inzhener akademiy RK [Bulletin of the National Engineer of the Academy of the Republic of Kazakhstan], 2000. No.1 (5), [in Russian].
3. Akhmetov D.A., Akhmetov A.R. Povysheniye stoikosti plotnosti i prochnosti yacheistobetonnykh izdeliy [Increasing the durability density and strength of cellular concrete products] // NPZH «Arkhitektura, stroitel'stvo, dizayn» [Scientific and practical journal “Architecture, construction, design”], 2006. No. 1. [in Russian].
4. Bazhenov, P.N. Osnovy tekhnologiy avtoklavnykh materialov [Fundamentals of autoclave materials technology]. ¬ Leningrad.: Leningrad Institute of Civil Engineering, 1998. ¬ 154 p, [in Russian].
5. Surikov V.N. Perspektivy razvitiya yacheistykh betonov [Prospects for the development of cellular concrete] // Beton i gazobeton [Concrete and aerated concrete], 2009. No. 4. P. 12-15, [in Russian].
6. Akhmetov D.A. Vliyaniye veshchestvennogo sostava tsementov na osnovnyye svoystva yacheistogo betona [The effect of the material composition of cements on the basic properties of cellular concrete] // NTZH «Vestnik NIIStromproyekta» [Scientific and technical journal “Bulletin of Niistromproekt”], 2014. No. 1-2 (12), [in Russian].
7. Rakhimov M.A., Rakhimov A.M. Modifitsirovannyy legkiy beton na steklovidnom zapolnitele iz otkhodov promyshlennosti [Modified lightweight concrete on a vitreous aggregate from industrial waste] // RZH «Trudy universiteta» [Republican journal “Proceedings of the University”], 2019. No. 2 (75). P. 90-94, [in Russian].
8. Akhmetov A.R., Bisenov K.A., Kuatbayev K.K. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy proizvodstva yacheistogo betona v Kazakhstane [The current state and prospects of cellular concrete production in Kazakhstan]. ¬ Almaty: Science, 1998. [in Russian].

ҒТАМР 67.09.05

Е.Н. Нұғмансая[1] – *негізгі автор,*
Б.Т. Копжасаров[2], С.М. Моминова[3],
С.Т. Дуйсенбаева[4], Г.Т. Копжасарова[5]

[1]Докторант, [2]Техн. ғылым. канд., профессор, [3]PhD, аға оқытушы, [4]Техн. ғылым. канд., доцент, [5]Аға оқытушы

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0002-0087-3912 [2]https://orcid.org/0000-0001-9163-2879 [3]https://orcid.org/0000-0001-5005-9826 [4]https://orcid.org/0009-0009-4031-370X [5]https://orcid.org/0009-0008-6735-0458*

[1,2,3,5]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[4]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]nugmansaya_e@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LZFL3243

КРЕМНИЙЛІ КОМПОНЕНТТЕР МЕН ОЛАРДЫҢ ГАЗДАЛҒАН БЕТОН ТҮРЛЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жылу электр станцияларының күлін кремнийлі компоненттері ретінде зерттеу және олардың газдалған бетон түрлеріне әсері қарастырылады. Заманауи құрылыс жұмыстарының маңызды міндеттерінің бірі энергияны үнемдеу, сапасын көтеру және өндірілетін өнімдердің төзімділігін арттыру болып табылады. Бұл мәселелерді шешуге жылу электр станцияларының күлін пайдалана отырып, газдалған бетон өндірісін дамыту арқылы қол жеткізуге болады.

Тірек сөздер: газдалған бетон, ЖЭС күлі, әк, құм байланыстырғыш, кеуектілік, тығыздық, жылу өткізгіштік, беріктік.

Нұғмансая, Е.Н. Кремнийлі компоненттер мен олардың газдалған бетон түрлеріне әсерін зерттеу [Мәтін] / Е.Н. Нұғмансая, Б.Т. Копжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дуйсенбаева, Г.Т. Копжасарова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.159-166. https://doi.org/10.55956/LZFL3243

Кіріспе. Энергияны үнемдеу бойынша шараларды жүзеге асыру үшін құрылыс жұмыстарының тәжірибесінде СНиП-П-3 жаңа нормативтік құжаттары қабылданған болатын және жылу өткізудің жобалық кедергісіне қойылатын талаптар үш есе жоғары нормативтік құжаттар қабылданған. Жаңа құрылыстық нормалар бойынша тұрғын үй тұрғызу кезінде сыртқы қабырғаның қалыңдығы мынадай болуы қажет: кірпіштен – шамамен 150 см, ал ұялты бетоннан – 38,5 см.

Алдыңғы жұмыстарда газдалған бетонның жылу өткізгіштігі неге байланысты екені айтылған болатын, одан бөлек газдалған бетонның жылудан қорғайтын қасиетін арттыру түйін және шылақ сияқты төменгі жылу өткізгіштікке тән компоненттерді дайындау кезінде қолдануға мүмкіндік беретіндігі де айтылған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Әлемдегі жетекші компаниялардағы газдалған бетоннан жасалған бұйымдардың орташа тығыздығы 400-600 кг/м^3 тең. Басқа да теңдей жағдайлардағы ұялы бетонның жылу өткізгіштігі құмда және күлде 1-кестеде көрсетілгендей әртүрлі болып келеді.

Кесте 1

Газдалған жеңіл бетонның құм және күлде жылу өткізгіштігі

№	Орташа тығыздық бойынша бетонның маркасы, кг/м^3	Бетонның құрғақ жағдайындағы жылу өткізгіштік коэффициенті Вт/м°С,	
		құмда	күлде
1	400	0,10	0,09
2	500	0,12	0,10
3	600	0,14	0,13

Күлдегі 500 кг/м^3 құрылымдық-жылу оқшаулағыш газдалған бетонның тығыздығы кезінде жылу өткізгіштік коэффициентін 0,02 Вт/м°С дейін төмендету тұрғын үй құрылысында басқа тең жағдайларда салынған қабырғалардың қалыңдығын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе Астана және Алматы сияқты қалаларда көпқабатты үйлер салу кезінде тиімді.

Минералды қалдықтардың жалпы көлемінде маңызды орын алатыны ЖЭС күлдері және шлактары, олар ұялы бетон өндірісі үшін кремний шикізатының түрлерінің экономикалық көрсеткіш және техинкалық қасиеттері бойынша ең пайдалыларының бірі болып табылады. Қазақстандағы ЖЭС бар аудандарда күл және шлактардың көп қорлары жиналған. Сондықтан Қазақстандағы күл және шлактарды жою мәселелері өзінің түбегейлі шешімін талап етеді. Осы мәселелерді шешу жолдарының бірі, ұялы бетон өндірісінде күл және шлактарды пайдалану болып табылады. Бүкіл әлемнің зауыттық тәжірибесінде, олар газдалған бетон өнімін өндіруде кеңінен қолданыс тапқан. Күлді пайдаға жарату мәселесін шешудің маңыздылығын түсіндіруде жақсы мысал болатыны Чехия мен Словакия, себебі мұнда кремний компоненті ретінде цемент қосылған күлді пайдаланады және 2:1 шамада аралас байланыстырғыш әк-цементті немесе әк қосылған цементті пайдаланады. Су пайдаланылған өнімдердің сапасын арттыру үшін цементке кәдімгі бетон өндірісіне қарағанда басқа талаптар қойылады [1]. Жан-жақты ғылыми зерттеулердің нәтижесінде, олар өте күрделі, бірақ үнемділік жағынан өте пайдалы мәселені шешеді.

Екібастұз күлдері бойынша зерттеулер талдауы, олардың газдалған бетонын пйдалану мүмкіндігі туралы тікелей қарама-қарсы пікірлер бар екендігін көрсетті. Осылайша, газдалған бетон бойынша зерттеулер авторы [2], Екібастұз кен орнындағы көмірді жағудан алынған Краснояр ЖЭО күлін пайдалана отырып, Екібастұз кен орнының көмірін жағудан алынған күлді газдалған бетонға пайдалану мүмкін емес деген қорытындыға келді.

Біздің Екібастұз көмірін жағудан алынған күлді зерттеуіміз химиялық құрамы Германияның Маза-Хенке фирмасында және Венгрияда күлге қойылатын талаптарға сәйкес келетінін көрсетті, ол 2-кестеде келтірілген.

Өнеркәсібі дамыған елдердегі өнеркәсіп қалдықтарын жою сатысы 15-40% құрайды, Ресейде бар-жоғы 3%, ал Қазақстан бойынша бұл көрсеткіш 1,4% тең [3].

ЖЭО күлдерін пайдалану – қоғамдық өндірістің тиімділігін арттырудың үлкен қоры болып табылады. Сонымен қатар, бұл экологиялық жағдайды салауаттандыру, жерді күл қалдықтарынан босату болып

есептеледі [4-5]. Қазақстанның ЖЭО орналасқан аумақтарында шамамен 179 млн. т күл және шлак жиналып қалған.

Кесте 2

Күлдердің химиялық құрамы

№	Елдер	Оксидтер құрамы,%				
		SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	CaO	n.n.n
1	Қазақстан	59,2	26,5	6,22	3,7	2,25
2	Германия Маза-Хенке	50,0	10-30	10,0	5,0	5,0
3	Венгрия	40,0	35,0	18,0	10,0	5,0

Құрылыс материалдарында күлді қолдану мәселелерімен көптеген зертханалар және институттар айналысады. Байланыстырғыш ретінде немесе байланыстырғыш бөлшегі ретінде, керамика, ауыр бетон, газдалған күлді-бетон өндірісі үшін шикізат ретінде күлді пайдалану бойынша көптеген зерттеулер жасалған.

Қазақстанның ЖЭС қатты отын ретінде әртүрлі көмірді пайдалана отырып, электр энергиясының негізгі бөлігін өндіреді. Алдағы жылдарда да ЖЭО-да электр энергиясын өндіру үрдісі жалғаса береді, яғни отынның минералдық бөлігін жағу кезіндегі күл мен шлактың қалдықтар мөлшері арта беретін болады.

Көптеген зерттеушілердің жұмыстарында шлактар мен күлдер жіктелген, ол еңбектерде шаңды көмірдің күлінің қасиеті отынды жағудың негізгі ережесімен анықталады, сондай-ақ күлдің шыны және кристалдық фазаларының ара-қатынасы, шыны фазаның салыстырмалы құрамы неғұрлым көп болса, күлдің белсенділігі соғұрлым жоғары болатындығы дәлелденген [6].

Кейбір ғылыми еңбектерде ЖЭС күлін пайдалана отырып тиімді құрылыс материалдарын өндіру технологиясы, газдалған күлді бетонның сипаты, электр станциясы отынынан шыққан күлдің қасиеті, күлді бетон өндірісіндегі қолданылатын материалдарға қойылатын талаптар жазылған. Автоклавталған және автоклавталмаған газдалған күлді-бетоннан ірі денелі бұйымдарды өндіру тәжірибесі сипатталған, газдалған күлді бетоннның зауытын жобалау тәжірибесінен мәліметтер келтіріліген, сондай-ақ техника-экономикалық көрсеткіштер жазылған [7].

Бірнеше ғалымдардың жасаған зерттеулерінде күлді бетон қоспаларына 50% дейін және цементтің мөлшерінен артық қосуға болатын мүмкіндікті көрсеткен.

Кейбір зерттеушілер, шымтезек пен тақтатастарды қоспағанда барлық күлдер белсенді емес, ал цементтің шығынын азайтуға белсенділігі аз күлдерді пайдалану кезінде қол жеткізуге болады деп санайды, олардың ойынша күлдің белсенділігінен емес, алынған бетонның тығыз құрылымына байланысты деп айтады [8].

ННИЖБ мәліметі бойынша күлді-бетондарда цементті 7% дейін үнемдеуге болады. Күлдің құрамы белсенділігі жоғары портландцементті пайдалану кезінде артуы мүмкін және бетонның аязға төзімділігі мен суға төзімділігін арттыратын қоспалар қатайтуды жеделдетуі мүмкін. Күлді автоклавты байланыстырғыш компонент ретінде пайдалану кезінде автоклавты өңдеуден кейінгі материалдың максималды төзімділігі $К_{осм}$=0,8-1,2 негізділік коэффициентімен шикізатты қоспаны қамтамасыз етеді.

Құрамында кальцийі жоғары күлдердің байланыстырғыш қасиеті клинкерлі минералдар, шиш пішінді фазалардың құны болып табылады және күлдің құрамында бос әктердің және ангидриттің қатысы болуына байланысты.

Газдалған бетон өндірісі үшін құрамында кальцийі көп күлдерді пайдалану, 5-25% бос кальций оксиді және 6% дейінгі ангидрит болғанда мүмкін деп саналады. Сондай-ақ, бос кальций оксиді күйдірілген жағдайында болады және баяу ылғалданып және ылғалдану көлемін ұлғайтумен сипатталады, ол деген газдалған бетоннан жасалған өнімнің пайдалану қасиетін төмендетеді. Бұл жағдайда автоклавты өңдеуге дейін күлдің құрамында болған, күйдірілген кальций оксидтің толықтай ылғалдануы үшін тиісті шаралар қарастырылуы қажет.

Күйдірілген кальций оксидтің дер кезінде және теңдей қалыпта қамтамасыз етілуі үшін, Эстонияда тақтатас күлінде автоклавты газды бетон өндірісінде, күлді міндетті түрде майдалап ұнтақтау және өндірілгеннен кейін өнімді жоғары температурада ұстау қолданылады (80-90°С).

Газды бетонды автоклавты өңдеу барынша аралықты технологиялық әдіс болып табылады. Ол химиялық және минералогиялық әртүрлі құрамдағы шикізатты қолдануға және жоғары физико-механикалық қасиетті газды бетон алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қатайтудың автоклавсыз ереже автоклавты ережемен теңдей болып қана қоймай, сондай-ақ төзімді және беріктігі жоғары бетон алудың (Америка және Жапон елдерінде бумен пісірілген және табиғи қатайтылған газды бетондар бойынша зерттеулер қарқынды дамыған) әлеуетті мүмкіндігімен де асып түседі. Сонымен қатар, бұл цемент тастарының құрылымын қалыптастырудың ең қолайлы жағдайларын көрсетеді, әсіресе қатаюдың соңғы кезеңдерінде. Бумен пісіру және табиғи өңдеп қатайту жаңа пішіндерді көбейтпейді және ескіртпейді де, олардың сынғыштығын жоғарылатады және микрожарықтар – материалдың бұзылуы ықтимал жағдайының бастапқы орталығы пайда болады. Құрамына 1-3% гипс қосып қолдану нәтижесінде автоклавсыз қатайту белсенділігінің жоғарғы сатысы орнатылған.

15% дейінгі ылғалдылықпен ақаусыз өнімді өндіру газдалған бетонның құрамын дұрыс таңдау барысында мүмкін болады, оның қатайту тәсіліндегі түйіршіктелу жағдайына байланысты орындалады. Күлге газдалған бетонды өндіру технологияның қарапайымдылығынан, күлдің арзандығынан экономикалық тиімділікке байланысты және оны алу үшін шығынның аз кетуіне байланысты мүмкін болады, сонымен қатар, автоклавсыз технологияны да қолдану мүмкін болады.

Газды бетон өндіру кезінде күлді қолдану жылу энергетикасының қалдықтарын жоюдың кейбір мәселелерін шешуге мүмкіндік береді және аймақтың экологиясын тазартуға әсерін тигізеді. Сондай-ақ, күлдің мөлшері жеткілікті болуына байланысты, оны ұнтақтау керек емес және өндірістің ең көп еңбекті қажет ететін кезеңдерінің бірі ұнтақтау болса, ендеше ол өндірістің жалпы шығынынан 10% дейін үнемдеуге жағдай жасайды.

Екібастұз көмірінің күлі өте төзімді $T_{пл.}$=1670-1720°С, ол құрамында кремнийдің көп болуымен байланысты. Күлдің шамадан тыс жоғары балқу температурасына және пештегі газдың максималды температурасының жеткіліксіз болуына байланысты (1500-1550°С) күлдің кейбір бөлігі ерімейді және өткір жиектері бар дұрыс емес пішінде қалып қояды.

Органикалық заттардан босатылған, ЖЭС күлдерін микроскопиялық анықтау, фазалық құрамның негізгі құрылымы аморфты сазды агрегаттар шыны тәрізді зат және кварц, дала шпаты, кальцит және аздаған магнетит,

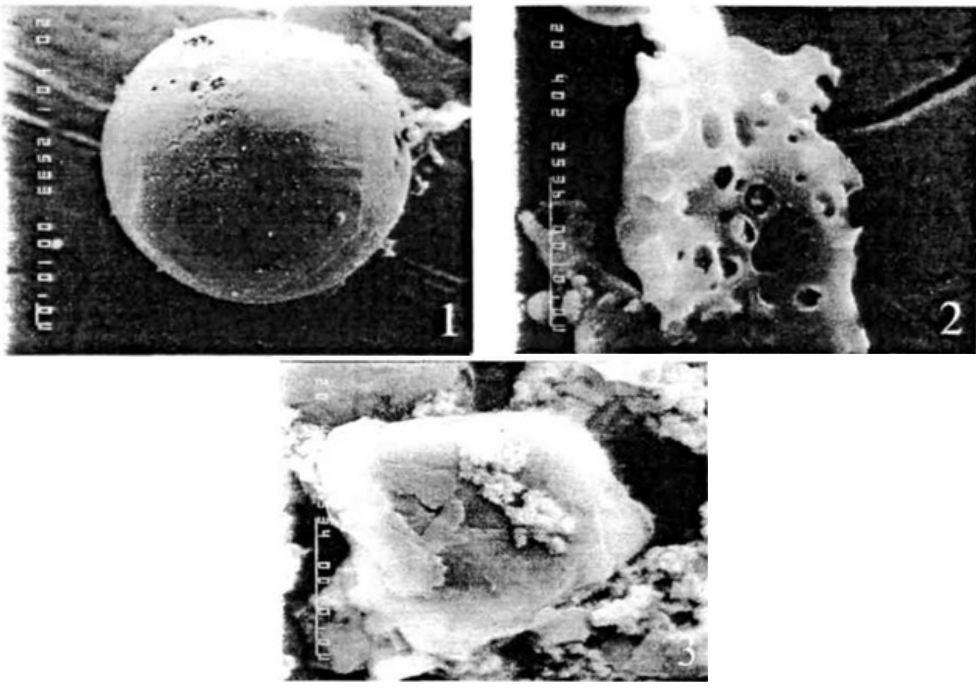
гематит, корунд және басқа да минералдармен берілген кристалдық фазалар болып табылады.

Зерттеушілер түссіз изотропты пластиналы пішінде берілген, 10-15% агрегатты жинақтардан тұратын, құрғақ іріктеуден өткен Ермаков ГРЭС күлінің айырмашылығын атап өткен. Бұл пластиналарда кристалданған муллит түріндегі 10% дейінгі нүктелік анизотропты қосындылар және елеусіз мөлшерде шамамен 5% түйіршіктер мен муллит инелер бар. Жиынтық массада кристобалит пен тридимиттің сирек түйірлері бар.

Зерттеу нәтижелері. Күлді зерттеуді біз Украинаның ИПМ АН материалтану мәселелері институтындағы Суперсынама – 733 микро-талдағышында жүргіздік.

Күлдің бөлшектерінің морфологиясы 1-суретте келтірілген. Сол суретте көрсетілгендей күл әртүрлі көлемдегі және пішіндегі бөлшектердің жиынтығынан тұрады. Күлдің құрамының бір бөлігі 150 мкм диаметрлі шиша іспетті керемет пішінді шардан құралған және оның құрамында кальций және алюминий, магний, кремний, темір қоспалары да бар. Ал екінші бөлігі дұрыс емес пішінді кеуектері бар және өлшемі 15 – 25 мкм дейін кеңейтілген массаның бөлігінен және алюминий оксиді, кремний карбиді, аздаған көлемде мыс, темір, мырыштан құралған, күрделі химиялық құрамнан тұрады. Күлдің құрамында сондай-ақ негізінен графиттен тұратын, дұрыс емес пішінді бөлшектері де бар.

Әртүрлі авторлардың зерттеулерінен байқағанымыздай күлдің құрамы әртүрлі химиялық элементтер бойынша және ондағы әртүрлі қосылыстардың комбинациясы, бетінің пішіні мен табиғаты және т.б. бойынша өте күрделі болып табылады, осының бәрі Екібастұз көмір алабының көмірін жаққаннан алынған күлді пайдаланатын, кремнийлі компонент ретінде газдалған бетонды түбегейлі зерттеу қажеттілігіне негіз болады.



Сурет 1. Екібастұз күлінің морфологиясы

Күлдің минералогиялық құрамы: корунд 5-10%, шиша фаза 60-65%, дала тастары 5-10% аморфты саз бөлшектері 10-15%, кальцит, гидрогранат, муллит, темір оксиді 3%.

Күлді сынау ГОСТ 25818 сәйкес жүргізіледі. Көмірдің күлге айналуы 40%, $S_{уд}$ – 2800-3000 $см^2/г$, електегі қалдық 008-210, көлемдік тығыздығы 750 $кг/м^3$. $SiO_2+AL_2O_3+Fe_2O_3$ құрамында 70%, ал SO_3 құрамында шамамен 3,5%, бос CaO құрамында шамамен 5%. MgO құрамында 5% аспайды, n.n.n құрамында шамамен 5%. Көлемді өзгертудің біркелкілігі шыдамды болды. Күлдің 1-ден 3% дейінгі ылғалдылығы. Екібастұз көмір алабының көмірін жаққаннан алынған күл СН 277 талаптарына сәйкес келеді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Көмірді жағу әдістерінің айырмашылығына байланысты күл әртүрлі қасиеттермен алынады, кейде бір-бірінен түбегейлі ерекшеленеді.

Сланцты жағу кезінде тұтқыр қасиетке ие күл алынады, ал қоңыр немесе тас көмірді жағудан алынған күлде ондай тұтқыр қасиет болмайды, бірақ байланыстырғыштың құрамдас бөлігі болып табылады, сонымен қатар ол ұнтақталған кварц құмына қарағанда белсенді болады. Күлдің майдаланған құмнан айырмашылығы күл міндетті түрде ұнтақтауды қажет етпейді, себебі ол негізінде дисперсті күйде болады.

Құммен салыстырғандағы күлдің көптеген оң мәнді қасиеттері болғанымен, өндірісте өзінің белгілі бір қиындықтары да кездеседі.

Бірінші кезекте бұл күлдің біркелкі еместігі және суды көп қажет ететіндігі. Күлге көп су пайдаланбау мәселесін дисперстің ұлғаюына қарағанда су сұранысына көбірек әсер ететін, кеуектілігін төмендетіп, әртүрлі белсенді заттардың қосылуымен біріктіріп шешуге болады.

Қорытынды. Күлдің бірқалыпсыздық қасиеттерін жою іс жүзінде өте қиын. Күлдердің бірқалыпсыздығы технологиялық процесті тұрақтандыруға мүмкіндік бермейді, сондықтан да тұрақты сипаттағы газдалған бетон алу қиын болады.

Күлдің сипаттамаларын, оның мұқият химиялық және басқа да талдау түрлерін терең білу қажет, міне тек осы шаралар ғана газдалған бетон үшін қолданылатын күлдің қасиеттерін бағалауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Моминова, С.М. Технология газосиликатного бетона с использованием промоотходов и некондиционного сырья [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров, Ж.А. Садыков // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2019. №4 (74). С. 214-220.
2. Тупкебаев, Э.А. Комплексное использование сырья и отходов промышленности [Текст] / Э.А. Тупкебаев, Г.Х. Садыков. – Алматы (Казахстан), 2005.
3. Сиверцев, Г.Н. Классификация и характеристика шлаков как строительного сырья. Вып. 1. [Текст] / Г.Н. Сиверцев. – М.: ЦНИЛС, 2000. – 45 с.
4. Долинский, Ю.И. Золы ТЭС – мелкий заполнитель конструктивно-теплоизоляционных керамзитобетонов [Текст] / Ю.И. Долинский, С.К. Кондратьев. – М., 2000.
5. Ахметов, Д.А. Ячеистые бетоны (газобетон и пенобетон) [Текст] / Д.А. Ахметов, А.Р. Ахметов, К.А. Бисенов. –Алматы: Ғылым, 2008. – 384 с.
6. Mominova S., Kopzhasarov B., Kim Kwang Don Investigation of the properties of slag binders and autoclaved gas silicate concrete on long storage under normal conditions and the concrete strength in light waters // Материали XV международна научна практична конференция «Найновите постижения на

Европейската наука – 2019» Vol. 9. – София «Бял ГРАД-БГ ОДД», 2019. – С.12-18.
7. Моминова, С.М. Моделирование процесса гидратации шлаковых вяжущих с оптимизацией технологии получения бетонов [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров // Научный журнал «Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии». – 2019. – №1 (71). – С.154-161.
8. Моминова С.М. Исследования кремнеземистых компонентов и их влияние на свойства ячеистых бетонов [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров // Научный форум: Инновационная наука: №10(65). – Москва: Изд-во МЦНО, 2023. – С.35-46.

Материал редакцияға 16.04.24 түсті.

Е.Н. Нұғмансая[1], Б.Т. Копжасаров[1], С.М. Моминова[1], С.Т. Дуйсенбаева[2], Г.Т. Копжасарова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования применения золы-уноса ТЭС в качестве кремнеземистого компонента и их влияние на свойства газобетона. Основными задачами современных строительных работ являются экономия электроэнергии, повышение качества и долговечности строительных материалов. Поставленную задачу можно решить, развивая производство ячеистых бетонов с применением золы -уноса ТЭС.

Ключевые слова: ячеистый бетон, зола-унос ТЭС, известь, вяжущее, пористость, плотность, теплопроводность, прочность.

E. Nugmansaya[1], B. Kopzhasarov[1], S. Mominova[1], S. Duisenbayeva[2], G. Kopzhasarova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2] M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

STUDIES OF SILICA COMPONENTS AND THEIR INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF AUTOCLAVED CELLULAR CONCRETE

Abstract. The article discusses the results of a study on the utilization of fly ash from thermal power plants as a silica component and its impact on the properties of aerated concrete. The primary objectives of contemporary construction endeavors include energy conservation, enhancement of building material quality, and durability. This issue can potentially be addressed by advancing the production of cellular concrete through the utilization of fly ash sourced from thermal power plants.

Keywords: porous concrete, TPP fly ash, lime, binder, porosity, density, thermal conductivity, durability.

References

1. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T., Sadykov, ZH.A. Tekhnologiya gazosilikatnogo betona s ispol'zovaniyem promootkhodov i nekonditsionnogo syr'ya [Technology of gas silicate concrete using industrial waste and substandard raw materials] //

Vestnik Kazakhskoy golovnoy arkhitekturno-stroitel'noy akademii [Bulletin of the Kazakh Head Academy of Architecture and Construction], 2019. No. 4 (74). P. 214-220, [in Russian].

2. Tupkebayev, E.A. Sadykov, G.KH. Kompleksnoye ispol'zovaniye syr'ya i otkhodov promyshlennosti [Integrated use of raw materials and industrial waste],– Almaty (Kazakhstan), 2005, [in Russian].
3. Sivertsev, G.N. Klassifikatsiya i kharakteristika shlakov kak stroitel'nogo syr'ya [Classification and characteristics of slags as construction raw materials]. Issue 1. – Moscow: TSNILS, 2000. – 45 p., [in Russian].
4. Dolinskiy YU.I., Kondrat'yev Zoly TES – melkiy zapolnitel' konstruktivno-teploizolyatsionnykh keramzitobetonov. – Moscow, 2000, [in Russian].
5. Akhmetov, D.A., Akhmetov, A.R., Bisenov K.A. Yacheistyye betony (gazobeton i penobeton) [Cellular concrete (aerated concrete and foam concrete)] / D.A. Akhmetov,. –Almaty: Science, 2008. – 384 p., [in Russian].
6. Mominova, S., Kopzhasarov, B., Kim, Kwang Don Investigation of the properties of slag binders and autoclaved gas silicate concrete on long storage under normal conditions and the concrete strength in light waters // Materiali XV mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «Naynovite postizheniya na Yevropeyskata nauka – 2019» [Proceedings of the XV international scientific and practical conference “Innovate insights into European Science] Vol. 9. – Sofiya «Byal GRAD-BG ODD», 2019. – P.12-18.
7. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T. Modelirovaniye protsessa gidratatsii shlakovykh vyazhushchikh s optimizatsiyey tekhnologii polucheniya betonov [Modeling the hydration process of slag binders with optimization of concrete production technology] // Scientific journal. Bulletin of the Kazakh Head Academy of Architecture and Construction, 2019. No. 1 (71). P.154-161, [in Russian].
8. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T. Issledovaniya kremnezemistykh komponentov i ikh vliyaniye na svoystva yacheistykh betonov [Research of siliceous components and their influence on the properties of cellular concrete] // Scientific forum: Innovative science: No. 10(65). – Moscow: Publishing house MTSNO, 2023. – P.35-46, [in Russian].

IRSTI 67.09.05

S. Mominova[1] – *main author,* ©
B. Kopzhasarov[2]

[1]*PhD, Senior Lecturer,* [2]*PhD, Professor*
[1]*https://orcid.org/0000-0001-5005-9826* [2]*https://orcid.org/0000-0001-9163-2879*
[1,2]*M. Auezov South Kazakhstan University,*
Shymkent, Kazakhstan
[1]*saule_momynova@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/QHFC1264

INFLUENCE OF THE W/S RATIO ON THE CELLULAR CONCRETE PROPERTIES ON THE BASIS OF FLY ASH

Abstract. The article considers the results of a study of fly ash from the Ekibastuz coal basin in the production of cellular concrete. Studies have shown that the composition of fly ash is very complex in terms of the variety of chemical elements and its use as a siliceous component instead of sand has a beneficial effect on the value of the W/S ratio. A study of the pore structure of cellular concrete showed that an increase in the W/S ratio leads to a sharp change in the nature of the porous structure, that is, the higher the W/S, the higher the quality of its porous structure. However, an excessive increase in W/S causes stratification of the solution. In order to establish the optimal value of the W/S ratio using fly ash, studies were carried out. The results of a study to determine the influence of the porous structure of cellular concrete on its properties clearly showed how, with increasing W/S ratio, the porosity deviation index decreases, and the lower the porosity deviation, the better the characteristics of the macropores of cellular concrete, and accordingly, the higher the strength of aerated concrete.

Keywords: cellular concrete, fly ash, siliceous component, W/S ration, gas ash concrete, autoclaved hardening, pore structure.

Mominova S., Kopzhasarov B. Influence of the W/S ratio on the cellular concrete properties on the basis of fly ash // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.167-174. https://doi.org/10.55956/QHFC1264

Introduction. Ekibastuz coal fly ash is very refractory, T_{ref}=1670-1720 °C, it is due to the high silica content in its composition. Due to the excessively high refractory temperature of the fly ash and the insufficient maximum temperature of the gases in the furnace (1500-1550 °C), some fly ash particles do not melt and have an irregular shape with sharp edges [1].

The thermal power plant fly ash, freed from organic substances, was studied microscopically. It was found that vitrification and crystalline phases represented by feldspar, calcite, quartz and, in smaller quantities of magnetite, corundum, hematite, amorphized clay components and other minerals are the main components of the phase composition.

The vitrification is a product of thermochemical action on the mineral part of the fuel (mainly clay). Research has showed the ideally pillow-like or fairly spherical (solid or hollow) shape of most vitrous fly ash particles. In addition,

scale-like and cellular forms are distinguished. Often the particles are presented as a inflated mass. The amorphous phase of the fly ash is heterogeneous, represented by two types of glass, colorless and in the form of melted balls of yellow and yellow-brown color due to the presence of iron oxide in it. The surface and contours of colorless balls are mostly unclean and corroded, while yellow and yellow-brown colored balls are smooth, clean, and less likely to be subject to mild corrosion. The glass beads contain feldspar, magnetite, hematite, clay particles and sometimes quartz grains. The crystalline part of the fly ash appears to be both primary minerals accompanying the organic part of the fuel, and new formations obtained in the combustion process. The main crystalline parts of the fly ash include quartz, feldspar, mullite, magnetite, hematite, calcite, dolomite and cristobalite.

Researchers note that the fly ash of dry separation from the Ermakovskaya State District Power Plant consists of 10-15% aggregated accumulations, represented by colorless isotropic claw-shaped plates. These plates contain up to 10% point like anisotropic inclusions, represented by incompletely crystallized mullite, and a significant amount of about 5% grains and mullite needles. The aggregate mass contains rare grains of cristobalite and tridymite [2].

Therefore, it is clear that the composition of fly ash is very complex in terms of the variety of chemical elements present in it, the combination of various compounds, the shape and nature of the surface, and much more, all this necessitates a thorough study of the properties of cellular concrete in the production of which fly ash from coal combustion in the Ekibastuz coal basin is used as a siliceous component.

As is known, the physical, technical and performance characteristics of cellular concrete depend on a number of factors and, first of all, on the composition, their ratio, the amount of water mixing, density, structure, heat treatment mode and on the type and properties of the primary materials.

Conditions and methods of research. The use of fly ash as a siliceous component significantly affects the optimal W/S ratio value, on which the basic properties of gas ash concrete largely depend. The optimal W/S ration value is understood as the ratio of the weight of water to the weight of dry components at which the rate of increase in the structural viscosity of the gas-ash concrete mixture would correspond to the rate of the gas release process. If the W/S ratio is insufficient, the plastic viscosity increases quickly and the gas-ash concrete mixture has time to completely blow up. The resulting gas bubbles accumulate in the solution and, due to the ever-increasing lifting force, encountering resistance, break the viscous gas-ash concrete mixture, forming a network of cracks, which greatly reduces the final strength. The structure of gas ash concrete under these conditions is defective, and gas use is low.

If W/S ratio value is excessive, the plastic viscosity of the gas-ash concrete mixture increases slowly and by the time it is finished, the gaseous flowability of the solution remains high, while many gas bubbles float to the surface, water separation occurs, the mass boils and settles.

The rate of increase in the plastic viscosity of a gas-ash concrete mixture of a given composition depends on the water content and temperature of the gas-ash concrete mixture.

This can be explained by the fact that with an increased water content of the gas-ash concrete mixture, a better and more uniform structure of cellular concrete is obtained.

The flowability of gas ash concrete decreases significantly with increasing temperature of the mixture (Table 1).

Table 1

Influence of W/S ration on flowability of gas ash mixture

W/T	Flowability of mixture, according to the Suttard viscosimeter (sm)	
	Temperature 13°C	Temperature 40°C
0.55	15	11
0.62	22	19
0.68	26	24
0.75	30	30

The reason of this is that the process of hydration of lime and cement is accelerated at high temperature and water is quickly absorbed by cementitious materials. Lime hydration occurs much faster than cement. As the W/S ratio value increases, this difference gradually decreases and at W/S = 0.75 the flowability remains the same and does not depend on the mixture temperature. A study of the pore structure of cellular concrete showed that an increase in the W/S ratio, all other things being equal, leads to a sharp change in the nature of the porous structure from pore aggregates elongated in the form of an ellipse (which have a higher stress concentration than spherical pores) to pores of regular shape with clear outlines. When studying macroporous cellular concrete, pores of regular spherical shape (large W/S ratio), with clear outlines showed less deviation in porosity value and, accordingly, greater strength.

That is, with an increase in W/S ratio, the quality of its porous structure improves. Consequently, the positive role of increasing W/S ratio is to reduce the viscosity of the mortar mixture and, thereby, improve the conditions for the flowability of the spherical shape and their uniform distribution throughout the entire volume of this mixture. However, an excessive increase in W/S causes stratification of the solution. Excess water settles on top and pours out of the molds when the gas ash concrete swells, and the binders somewhat reduce their activity.

If W/S ratio is higher, the mixture blows out well, but sets slowly, resulting in “boiling”, the gas evaporates, and the mixture settles. Therefore, we accepted the optimal values of the water-solid (W/S) ratio such that there is no thawing of water on the surface of the solution, without adding a gas-forming agent in it.

If the W/S ratio increases from 0.6 to 0.65, it is noted that at the W/S ratio of 0.6 the mixture blew out well, and with an increase of the W/S ratio to 0.65 at other things being equal, partial sedimentation of water and rapid blowing out occurred with the mixture pouring out of the walls of the molds, and the pore structure has an elongated and partially stuck together character, which differs significantly from the optimal structure.

To obtain the optimal structure of gas ash concrete, along with the temperature and the viscosity of the mixture, when the pores in the concrete are spherical and spead evenly, the quality of the selected type of gas-forming agent plays an important role, and it is also necessary to achieve a coordinated interaction between the kinetics of increase in structural viscosity and the kinetics of gas emission.

In this regard, the pores formed by the gas have different sizes, as a result of which the gas-ash concrete may turn out to be heterogeneous.

The smaller the pores and the more equal their spreading in the concrete, the higher the quality of gas ash concrete in terms of uniformity of properties (in terms

of strength and density of concrete) and, no less important, in terms of thermal conductivity, this is achieved by using smaller petals of aluminum powder. To do this, crushed aluminum powder is obtained by vibrating the powder together with ash.

In technological environments, the quality of the supplied aluminum powder in terms of uniformity of granulometry largely depends on the supplier's plant.

In order to define the optimal value of the W/S ratio using fly ash, studies were carried out on gas ash concrete with a density of 600 kg/m^3. The defined optimal ratio of the silica component to the binder (C) in terms of strength was 1.2. At the optimal temperature of the gas-ash concrete mixture, equal to 40-45 °C, the addition of 3.0 kg per m^3 of concrete, semi-aqueous gypsum ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$), significantly improved the rheological characteristics of the mixture. The steaming regime was carried out according to the previously defined rational regime of 3+6+3 hours at a temperature of 90±5 °C.

As can be seen from Table 2, with an increase of the W/S ratio, the strength of gas ash concrete increases, and the optimal value of the W/S ratio in terms of strength in our case is taken to be 0.60, while with a W/S ratio equal to 0.65 partial sedimentation of water occurs and rapid swelling and partial pouring of the mixture along the edges of the molds is observed.

The value of the optimal water-solid ratio is influenced by the water-need of the mortar mix, which, at a constant ratio of the silica component to the binder (C), depends on the properties of the primary materials. Thus, the porous components of fly ash have a greater water-need, and when grinding fly ash, the porous structure is disrupted and the water-need of the gas-ash concrete mixture decreases [3].

In the technology of cellular concrete, there are technological methods that make it possible to ensure the necessary rheological properties of the cellular concrete mixture, while increasing the W/S ratio. Thus, it is possible to reduce the viscosity of the mixture using complex vibration, during its blowing out and obtain cellular concrete with a high-quality macroporous structure at reduced water-solid ratios. In order to reduce the water-solid ratio in cellular concrete, many researchers have undertaken a variety of methods, but the use of super-fluidizing agent C-3, as shown in factory tests (at Pavlodar Reinforced concrete structures plant-4), showed that the effect of liquefying the mixture, which is observed in similar conditions during operation with heavy concrete was not achieved. In all likelihood, the features inherent in cellular concrete, and first of all, the blowing out of the mixture, and not its compaction, which we have in heavy concrete, imposes its effect [4].

Studies of the properties of cellular concrete in the laboratory of Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete showed that with an increase of the W/S ratio, the compressive strength doubles, and the dynamic modulus of elasticity (DMU), determined by the resonance method, and the speed of ultrasonic waves almost do not increase. Thus, it turned out to be possible to evaluate the increase in the elasticity of the intercavity material and the increase in strength due to an increase in the quality of the porous structure, revealing the primary role of the structure of the vapor space of cellular concrete [5]. The macroporous structure in cellular concrete is formed mainly by a blowing agent. The number of such pores in cellular concrete makes up the majority and it is the macroporous structure as a whole that determines the density of cellular concrete and has a significant impact on its properties. For the first time, the qualities of a macroporous structure began to be determined using a photoelectronic installation created by A.P. Filin under the supervision of G.A.

Logginov on the basis of a binocular microscope. The photoelectronic setup made it possible to study the surface spread of porosity, as well as the pore size spreading. At the installation, the total porosity was measured by the amplitude of the photocurrent, the value of which was noticeably distorted due to the instability of the photomultiplier or the network voltage. Difficulties in work are also caused by the complexity of preparing samples for testing; along with careful grinding of the sample, it was necessary to paint the surface with white enamel and fill the pores with carbon black [6].

Employees of the Department of Physics of MSCU, together with the Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete due to the existing photoelectronic installation, created a more advanced photoelectronic installation and developed a method for determining the quality of the macroporous structure of cellular concrete [7].

A photoelectronic installation for determining the quality of the macroporous structure of cellular concrete consists of a position table with an electric drive, an illumination system, an optical projector, and a photomultiplier with a cascade voltage divider.

This system makes it possible to compare the quality of the macroporous structure of cellular concrete samples. Quality assessment is made by the standard deviation of surface porosity, which is measured on a flat section of a porous material by circular scanning of the latter.

The standard deviation of surface porosity is determined by the readings of a pointer electric meter (voltmeter) of effective values, which ensures the speed of the information obtained.

Determination of the quality of the macrostructure of gas ash concrete with different W/S ratios is given in Table 2.

Table 2

Influence of the W/S ratio on the strength of autoclaved gas ash concrete

Compo-sition	W/TS	Flow according to the Suttard	Mixture temperature	Density	Compres-sive strength	Deviation of porosity value
		sm	°C	kg/m^3	MPa	Eph
1	0.5	15.0	40	606	1.72	0.175
2	0.55	16.0	40	610	2.12	0.163
3	0.6	16.5	40	613	2.63	0.133

Research results. The results of studies to determine the influence of the porous structure of cellular concrete on its properties clearly showed how, with an increase in the W/S ratio from 0.50 to 0.60, the porosity deviation index – Eph (the standard deviation of the porosity surfaces of cellular concrete and is determined by the readings of a pointer electric meter) decreases device – a voltmeter of effective values) from a value of 0.175 to 0.133, respectively, and the smaller the deviation of the porosity value – Eph, the better the characteristics of the macropores of cellular concrete (the pores are round and give little light scattering and are evenly distributed over the body of the concrete) and, thus, correspondingly higher strength of gas ash concrete. Many foreign researchers indicate the significant influence of the nature of the pore structure on the properties and operational durability of products made from cellular concrete.

Thus, it has been established that in order to obtain strong and resistant gas ash concrete of any density, it is necessary to ensure, first of all, the coordinated

interaction of the processes of gas formation and blowing up with the process of gaining plastic strength and, accordingly, obtaining a high-quality macroporous structure.

When working with new components of gas ash concrete, such as fly ash from state district power plants, the composition of the mixture is usually established experimentally based on test results, but taking into account numerous studies of various ashes and data on optimal compositions and modes.

Studying the nature of the dependence of the strength of gas ash concrete on the composition is of great practical importance, since it allows one to find maximum strength with the lowest consumption of binder.

Studying various compositions with ash, recommended by researchers, simple and available in production conditions, additives, in the process of our experimental work, we found that using a mixed binder (cement-lime) in a ratio of 4:1 with the addition of up to three kg per m^3 to the mixture, semi-aqueous gypsum $CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$, water-solid ratio 0.60, at a temperature of the gas-ash concrete mixture equal to 40-45 °C, allows us to achieve a coordinated interaction of the processes of gas formation and blowing up with the process of gaining plastic strength, to obtain high-quality autoclaved gas-ash concrete with an optimal porous structure. The ratio of the silica component to the binder is 1.2. At the same time, it is possible to obtain autoclaved gas ash concrete B4 without consuming more than 200 kg/m^3 of Portland cement per m^3 of gas ash concrete with a density of 600 kg/m^3.

Discussion of scientific results. Research in order to determine the influence of the type of siliceous component on the properties of cellular concrete has shown that in non-autoclaved production of gas-ash concrete (steaming according to the mode of 3+6+3 hours at a temperature of 90±5 °C), gradual replacement of sand with a specific surface area of 2500 sm^2/g, on fly ash with a specific surface area equal to 2800-3000 sm^2/g, leads to a significant increase in strength from 0.83 MPa to 2.34 MPa, that is, when completely replacing sand with fly ash, we get maximum strength results, that is, non-autoclaved grade B2 gas-ash concrete based on acidic fly ash obtained from burning coal from the Ekibastuz coal basin.

Research with autoclaved gas ash concrete, steamed in a mode of 2+8+2 hours at a pressure in the autoclave of 0.8 MPa and a temperature of 174.5^0C, which, other things being equal, autoclave treatment gives high strength indicators and a grade of gas ash concrete equal to B2.5-B4.2 at a density of gas ash concrete equal to 600 kg/m^3.

Moreover, the data indisputably shows that in the case of using autoclave treatment, maximum strength is achieved when a mixture consisting of fly ash and lime is used, and, with a ratio of 1:1, this very extraordinary phenomenon can be explained by examining the obtained new formations. Thus, studying the type of the strength dependence on the composition of gas ash concrete, researchers note that at maximum strength, the phase composition of new formations is characterized by the disappearance of $C_2SH(A)$ and the formation, in addition to CSH(B), of lamellar crystals such as tobermorite $C_4S_5H_5$ and xonotlite. The decrease in strength from increasing the addition of fly ash beyond the optimal composition occurs, in their opinion, mainly due to the dilution of the cementitious binder with unreacted ash particles.

In the case of non-autoclave technology, we had maximum strength with the complete replacement of sand with ash, which indicates the high activity of the

most acidic fly ash, while the main cementing factor remains compounds formed by hardening cement products.

Conclusion Thus, we confirm the fact that ashes have increased hydraulic activity during their complex lime-gypsum activation [8].

Based on this, it seems to us that it is primarily necessary to take advantage of such properties of acidic fly ash as ours obtained from the combustion of coal from the Ekibastuz coal basin in the production of autoclaved gas ash concrete.

The strength of autoclaved cellular concrete on sand had a maximum of 3.42 MPa, and on fly ash – 3.9 MPa, while with a sand:fly ash ratio equals to 1:1, the strength was 4.15 MPa.

References

1. Zimanova G.A., Solonina V.A., Bayanov D.S., Ilyasova S.V. E`ffektivnost` toplivny`kh zol uglya E`kibastuzskogo bassejna v czementny`kh sistemakh [Efficiency of coal fuel ash from the Ekibastuz basin in cement systems]. M.: Innovations and investments, 2019. – 327-330 p., [in Russian].
2. Abdrakhimov V.Z. Stroitel`ny`e keramicheskie materialy` na osnove otkhodov czvetnoj metallurgii, e`nergetiki i netradiczionnogo prirodnogo sy`r`ya [Construction ceramic materials based on waste from non-ferrous metallurgy, energy and non-traditional natural raw materials]: Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Ust-Kamenogorsk, 2002. – 61 p., [in Russian].
3. Esmaily H., Nuranian H. Non-autoclaved high strength cellular concrete from alkali activated slag // Construction and Building Materials, 2012. Vol. 26. No. 1. P. 200-206.
4. Akhmetov D.A., Akhmetov A.R. Povysheniye stoikosti plotnosti i prochnosti yacheistobetonnykh izdeliy [Increasing the durability density and strength of cellular concrete products] // NPZH «Arkhitektura, stroitel'stvo, dizayn» [Scientific and practical journal “Architecture, construction, design”], 2006. No. 1, [in Russian].
5. Akhmetov A.R., Akhmetov D.A. Izdeliye iz yacheistogo betona - effektivnyye materialy dlya seysmostoykogo stroitel'stva [Cellular concrete products are effective materials for earthquake-resistant construction] // Vestnik Nats. Inzhener akademiy RK [Bulletin of the National Engineer of the Academy of the Republic of Kazakhstan], 2000. No. 1 (5), [in Russian].
6. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T., Sadykov, ZH.A. Tekhnologiya gazosilikatnogo betona s ispol'zovaniyem promootkhodov i nekonditsionnogo syr'ya [Technology of gas silicate concrete using industrial waste and substandard raw materials] // Vestnik Kazakhskoy golovnoy arkhitekturno-stroitel'noy akademii [Bulletin of the Kazakh Head Academy of Architecture and Construction], 2019. No. 4 (74). P. 214-220, [in Russian].
7. Akhmetov A.R., Bisenov K.A., Kuatbayev K.K. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy proizvodstva yacheistogo betona v Kazakhstane [The current state and prospects of cellular concrete production in Kazakhstan]. ¬ Almaty: Science, 1998. [in Russian].
8. Ismailov A., Baybolov K., Ristavletov R., Kopzhasarov B., Kambarov M., Ussipbayev U., Mominova S. Effect of cost-effective alkaline additives on the hydration of slag-cement mixtures // Journal of Advanced Concrete Technology, 2018. Vol. 16. No. 9. P. 429-440.

The article was prepared under the project AP19175553 “Development of energy-saving technology for producing autoclaved cellular concrete using fly ash from thermal power plants and natural wollastonite” as part of the implementation of research work on a state order (contract date May 17, 2023, 149-ZH-4).

Material received on 16.04.24.

С.М. Моминова[1], Б.Т. Копжасаров[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

СУДЫҢ ҚАТТЫ ЗАТҚА ҚАТЫНАСЫНЫҢ ЖӘС ҰШҚЫН КҮЛІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ӨНДІРІЛЕТІН АВТОКЛАВТЫ ҰЯЛЫ БЕТОН ҚАСИЕТІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада ұялы бетон өндірісінде пайдаланылған Екібастұз көмір бассейнінің ұшқын күлін зерттеу нәтижелері қарастырылады. Зерттеулер көрсеткендей, күлдің құрамы химиялық элементтердің әртүрлілігінің арқасында өте күрделі және оны құмның орнына кремний топырақты компоненті ретінде қолдану судың қатты затқа қатынасына жағымды әсер етеді. Ұялы бетонның кеуек құрылымын зерттеу судың қатты затқа қатынасының жоғарылауы кеуекті құрылымның сипатының күрт өзгеруіне әкелетінін көрсетті, яғни судың қатты затқа қатынасы неғұрлым жоғары болса, оның кеуекті құрылымының сапасы соғұрлым жоғары болады. Дегенмен, судың қатты затқа қатынасының шамадан тыс жоғарылауы ерітіндінің қатпарлануына алып келеді. Ұшқын күлді қолдана отырып, судың қатты затқа қатынасының оңтайлы мәнін анықтау мақсатында зерттеулер жүргізілді. Ұялы бетонның кеуекті құрылымының оның қасиеттеріне әсерін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері судың қатты затқа қатынасының өсуімен кеуектіліктің ауытқу көрсеткіші қалай төмендейтінін анық көрсетті, ал кеуектіліктің ауытқуы неғұрлым аз болса, ұялы бетонның үлкен кеуектерінің сипаттамасы соғұрлым жақсы болады, сәйкесінше газ күлбетонның беріктігі жоғары болады.

Тірек сөздер: ұялы бетон, ұшқын-күл, кремнийтопырақты компонент, судың қатты затқа қатынасы, газкүлбетон, автоклавта қатаю, кеуектердің құрылымы.

С.М. Моминова[1], Б.Т. Копжасаров[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ В/Т ОТНОШЕНИЯ НА СВОЙСТВА АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЫ-УНОСА ТЭС

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования золы-уноса Экибастузского угольного бассейна при производстве ячеистого бетона. Исследования показали, что состав золы-уноса очень сложный по разнообразию химических элементов и применение его в качестве кремнеземистого компонента вместо песка благоприятно влияет на величину В/Т отношения. Изучение структуры пор ячеистого бетона показало, что увеличение В/Т отношения приводит к резкому изменению характера пористой структуры, то есть чем выше В/Т, тем выше качество его пористой структуры. Тем не менее, чрезмерное повышение В/Т, вызывает расслоение раствора. С целью установления оптимального значения В/Т-отношения с применением золы-уноса, были проведены исследования. Результаты исследования по определению влияния пористой структуры ячеистого бетона на его свойства наглядно показали, как с ростом В/Т отношения уменьшается показатель отклонения пористости, а чем меньше отклонение пористости, тем лучше характеристика макропор ячеистого бетона, соответственно выше прочность газозолобетона.

Ключевые слова: ячеистый бетон, зола-унос, кремнеземистый компонент, В/Т отношение, газозолобетон, автоклавное твердение, структура пор

МРНТИ 67.11.29

Н.А. Шаншабаев[1] – *основной автор,*
И.И. Бекбасаров[2], **Е.И. Атенов**[3]

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

[1]*https://orcid.org/0000-0003-3250-7853* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4930-0488*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-2907-6610*

[1,2,3]*Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати*

г. Тараз, Казахстан

[1]*bekbasarov.isabai@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/ZJNH4326

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ФИБРОБЕТОНОВ НА СТАТИЧЕСКУЮ СЖИМАЮЩУЮ НАГРУЗКУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАБИВНЫХ СВАЙ

Аннотация. Изложены результаты статических испытаний образцов фибробетона и образцов из неармированного бетона в лабораторных условиях. Испытанию сжимающей нагрузкой подвергались образцы, армированные стальными и нестальными фибрами.

Установлено, что вид фибр оказывает позитивное влияние на статическую сопротивляемость фибробетона. Наибольшая статическая сопртивляемость сжатию характерна для фибробетона, армированного стальными фибрами марки DRAMIX 3D. Незначительно уступает ему фибробетон, армированный базальтовыми фибрами.

Выявлено, что статическая сопротивляемость фибробетона, армированного стальными фибрами марки DRAMIX 3D, повышается с увеличение объемного содержания фибр и класса бетона по прочности на сжатие. Наибольший эффект при этом достигается при проценте армировании μ = 2%, и для бетона класса В25 по прочности на сжатие. Показано, что фибробетоны, армированные стружковыми и канатно-тросовыми стальными фибрами, по статической сопротивляемости уступают фибробетону со стальными фибрами марки DRAMIX 3D.

Установлено что, увеличение длины канатно-тросовых стальных фибр в 2-3 раза вызывает незначительное повышение прочности фибробетона. Получены корреляционные зависимости для прогнозирования прочностных параметров фибробетонов при их сравнительной оценке.

Ключевые слова: модель, призматическая свая, пирамидальная свая, пирамидально-призматическая свая, нагрузка.

Шаншабаев, Н.А. Исследование прочностных свойств различных видов фибробетонов на статическую сжимающую нагрузку для производства забивных свай [Текст] / Н.А. Шаншабаев, И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.175-189. https://doi.org/10.55956/ZJNH4326

Введение. Одним из прогрессивных видов бетонов, активно изучаемых специалистами и опытно внедряемых в строительную отрасль ряда стран,

несомненно, является фибробетон [1,2]. Научная и практическая привлекательность этого бетона обусловлена его повышенными физическими и механическими свойствами. Так прочность фибробетона на сжатие на 20-50% выше, чем у обычного бетона, модуль упругости – на 30-40%, а водопроницаемость – на 50% больше. К тому же для фибробетона характерна высокая трещиностойкость и значительная сопротивляемость ударным нагрузкам [4-6].

В качестве фибр в составе фибробетона используются стальные элементы (отрезки проволоки или троса, нарезки из стального листа, элементы в виде стальных иголок, нитей и др.) [1,3-7], стеклянные волокна [2,4,8,9], базальтовые волокна [9-13], углеродные нити [9,13], полимерные элементы (полипропиленовые волокна, капроновые и целлюлозные нити) [9,13,14] и др.

Многообразие вида, форм, размеров и свойств фибр и других составляющих компонентов фибробетона предопределяют актуальность проведения научных исследований для оценки возможности его применения для выпуска различных строительных конструкций и элементов. В настоящее время известен ряд работ, результаты которых подтверждают перспективность применения различных модификаций фибробетона для изготовления следующих строительных конструкций и элементов: оконных и дверных перемычек жилых и гражданских зданий [6]; полов промышленных помещений [14]; балок прямоугольного поперечного сечения [7]; облицовочных слоев железобетонных плотин [11]; покрытий автомобильных дорог [4]; арочных конструкций мостов [9].

Имеют место также исследования, посвященные изучению вопросов применения фибробетона для ремонта бетонных и железобетонных конструкций гидромелиоративных сооружений [13], а также для выпуска забивных железобетонных свай [14-21].

Касаясь исследований свойств фибробетона применительно к сваям, следует отметить, что они относятся к призматическим и пирамидальным сваям, сваям с круглым сплошным поперечным сечением и полым круглым сваям. Ниже представлен краткий анализ результатов этих исследований.

Опыт экспериментального изготовления свай из сталефибробетона и их использования при возведении строительных объектов рассматривается в работах [14,16]. Специалистами применялись призматические и пирамидальные сваи, которые целиком были изготовлены из сталефибробетона, а также сваи, изготовленные только со сталефибробетонной головой и острием. Для приготовления фибробетона свай использовались отрезки стальной проволоки диаметром 1,5-2,0 мм и отрезки из отработанных канатов. Длина призматических свай составляла 8-14 м, а размеры их поперечных сечений – 35×35 см. Пирамидальные сваи изготовлялись длиной 6 м с размерами сечения вверху 40×40 см и внизу 20×20 см. В проведенных испытаниях имело место бездефектное погружение свай до проектных отметок. Кроме того наблюдалось сокращение продолжительности забивки свай до 50%, что обеспечивало высокую производительность сваебойных работ. Внедрение свай из сталефибробетона позволило сократить расходы материальных средств до 30%.

Результаты испытаний фибробетона, проведенных с целью оценки возможности изготовления из него свай для сейсмоопасных регионов изложены в работе [17]. Образцы из фибробетона и обычного железобетона подвергались воздействию постоянной осевой нагрузки и нагрузок,

вызывающих их переменный циклический и знакопеременный изгиб. В качестве фибр использовались двухконусные и двухзавитые стальные волокна. При этом расход фибр для изготовления образцов составил 40-50 кг/м^3. Установлено, что стальные волокна при принятых нагрузках могут заменить традиционное армирование в сваях. При изгибных нагрузках на сваи без приложения к ним осевой нагрузки выявлена необходимость дополнительного устройства в их головной части простого каркаса из арматурных стержней.

О лучшей сопротивляемости свай из сталефибробетона при действии горизонтальной и вертикальной осевой нагрузок указывается в работе [18]. Исследования выполнялись с использованием моделей свай в песках средней плотности. Процент объемного армирования бетона моделей фибрами составил 1,0%. На основе результатов исследований определено, что применение стальных фибр для армирования бетона свай, позволит исключить установку в них поперечной арматуры.

Из работы [19] следует, что использование стальных фибр для изготовления свай круглого сплошного сечения приводит к повышению их трещиностойкости при действии вертикальной нагрузки. Сравнительным испытаниям подвергались модели свай из сталефибробетона и обычного бетона без армирования, оснащенные тензометрическими датчиками для измерения деформации сжатия их ствола. Выявлено, что деформации свай существенно снижаются при армировании их бетона стальными фибрами. Однако этот эффект оказался более значителен для моделей свай с диаметром 4,5 и 7 см, чем для моделей диаметром 8 см.

Таким образом, изложенные результаты исследований свидетельствуют о том, что применительно к забивным сваям специалистами, в основном, подробно изучались свойства фибробетона, в котором, использовались стальные фибры разной формы, размеров и содержания. Что же касается исследований фибробетона из синтетических фибр [22], то можно отметить их некоторую ограниченность, которая не позволяет детально и однозначно сравнивать разные виды синтетических фибр по статической и ударной прочности фибробетона на разных стадиях его деформирования. Востребованность такой сравнительной оценки состоит в том, что это позволило бы дифференцированно назначать вид фибробетона по уровню напряженно-деформированного состояния свай при забивке. Последнее в свою очередь, обеспечило бы подбирать оптимальные ударостойкие составы фибробетона для изготовления таких забивных свай, как сваи с уширениями ствола и пирамидально-призматических сваи, которые обладают повышенной несущей способностью [23-26].

Учитывая представленные доводы, авторами выполнены экспериментальные исследования, посвященные изучению статической сопротивляемости фибробетонных образцов, изготовленных с использованием стальных, полипропиленовой, стекловолоконной и базальтовой фибр. При этом внимание уделялось установлению их сравнительной эффективности и выявлению закономерностей изменения показателей их сопротивляемости статической нагрузке. Принятый перечень разновидностей фибр обусловлен их доступностью в Казахстане в текущий период.

Условия и методы исследования. Исследования проведены в геотехнической лаборатории Таразского регионального университета имени М.Х. Дулати с применением образцов с размерами 10×10×10 см,

соответствующих требованиям ГОСТ 10180-2012 [27] и изготовленных из фибробетона и обычного неармированного бетона.

Для изготовления опытных образцов в качестве заполнителей их бетона использовались мелкий гранитный песок, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014 [28] и гранитный щебень фракций 5-20 мм, соответствующий требованиям ГОСТ 8267-93 [29]. Заполнители бетона характеризовались следующими показателями:

1) песок: модулем крупности – 2,2; насыпной плотностью – 1480 кг/м^3; водопотребностью – 6%; наличием пылевидных и глинистых частиц – 0,3%.

2) щебень: насыпной плотностью – 1480 кг/м^3; водопоглащением – 0,17%; содержанием зерен пластинчатой и игловатой форм – 12%.

В качестве вяжущего бетона применялся портландцемент марки М400, соответствующий требованиям ГОСТ 30515-2013 [30-32], и производимый фирмой «JambylCement» (ТОО «Жамбылская Цементная Производственная Компания») со следующими характеристиками: прочностью на сжатие в возрасте 2 суток – 24,3 МПа; прочностью на растяжение при изгибе в возрасте 2 суток – 4,6 МПа; удельной поверхностью по Блейну – 34 м^2/кг; сроком начального схватывания – 215 мин; нормальной густотой цементного теста – 25,2%.

В роли армирующих элементов бетона образцов приняты (рис. 1):

1) стальная анкерная фибра марки DRAMIX 3D с изогнутыми краями заводского исполнения (рис. 1 (а));

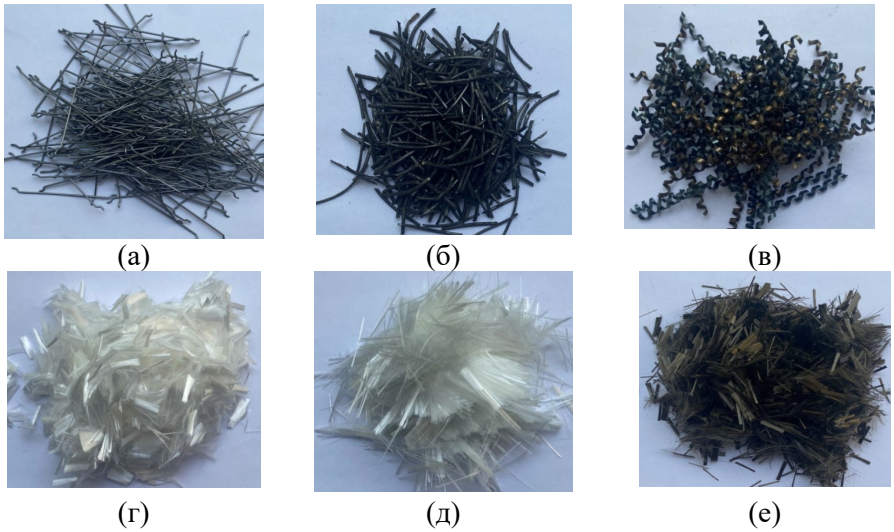
2) стальная фибра, нарезанная из проволок канатного троса диаметром 1,05 мм и длиной 2, 4 и 6 см (рис. 1 (б));

3) стальная стружковая фибра, полученная из отходов токарного производства с размерами: диаметром стружка 5 мм; длиной 6 см; толщиной стружки 1,1 мм; шириной стружковой полосы 2,5 мм (рис. 1 (в));

4) полипропиленовая фибра марки FIBERQAZAQSTAN, (рис. 1 (г));

5) стекловолоконная фибра (рис. 1 (д));

6) базальтовая фибра (рис. 1 (е)).



(а) (б) (в)

(г) (д) (е)

Рис. 1. Виды фибр: (а) стальная анкерная фибра марки DRAMIX 3D; (б) стальная фибра из канатного троса; (в) стальная стружковая фибра; (г) полипропиленовая фибра марки FIBERQAZAQSTAN; (д) стекловолоконная фибра; (е) базальтовая фибра

Основные физические и механические показатели фибр представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные физические и механические показатели свойств фибр

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра марки FIBERQAZA QSTAN	Стекловолоконная фибра	Стальная фибра марки DRAMIX 3D
Прочность на растяжение, МПа	3500	600	3500	1500
Диаметр волокна	17 мкм	25 мкм	15 мкм	1,05 мм
Длина волокна, мкм	10	10	30	60
Модуль упругости, ГПа	не менее 75	35	75	190
Коэффициент удлинения,%	3,2	150	4,5	4
Температура плавления, ºС	1450	160	860	1550
Стойкость к щелочам	высокая	высокая	низкая	низкая
Плотность, г/см^3	2,6	0,91	2,6	7,8
Производитель	ООО «Русский базальт», г. Челябинск, РФ	ТОО «Expochem», г. Алматы, РК	ТОО «Класс стекло», г. Талды-корган, РК	Bekaert, г. Челябинск, РФ

Испытания опытных образцов выполнялись в два этапа, каждый из которых состоял из 5 серий опытов с 3-х кратной повторяемостью. Для каждой серии испытаний изготовлялась отдельная партия образцов. Общее количество испытанных образцов составило 102 шт.

Первая партия состояла из образцов, изготовленных с использованием разных видов фибр (стальных фибр марки DRAMIX 3D, полипропиленовых, стекловолоконных и базальтовых фибр). При этом класс бетона (В15) и процент армирования (μ = 1%) для всех образцов принимались одинаковыми.

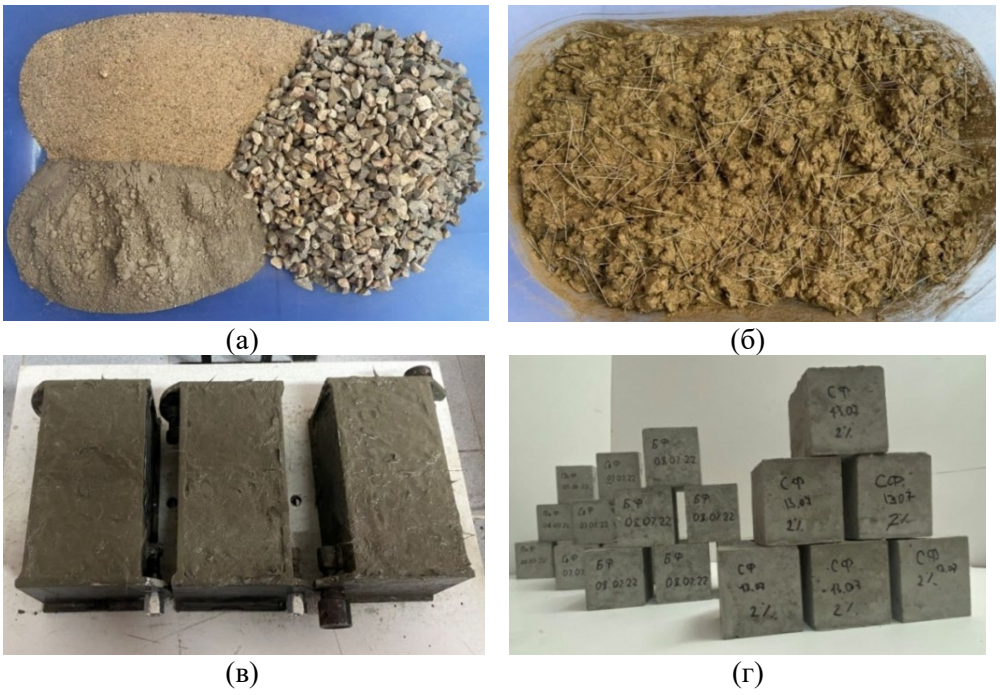
Вторая партия включала в себя образцы, изготовленные с применением стальных анкерных фибр марки DRAMIX 3D с их разным объемным содержанием (μ = 0,5%, 1%, 2%), но при одинаковом классе бетона (В15).

Третья партия также состояла из образцов со стальными анкерными фибрами марки DRAMIX 3D, но изготовленных из бетона разного класса (В12,5, В20, В25) при постоянном проценте армирования (μ = 1%).

Четвертая партия включала в себя образцы, изготовленные с использованием проволок длиной 2, 4 и 6 см, полученных из канатного троса. При этом класс бетона (В15) и процент армирования (μ = 1%) для всех образцов принимались одинаковыми.

Пятая партия образцов состояла из образцов, изготовленных с применением разных видов стальных фибр (фибр марки DRAMIX 3D, проволок канатного троса и стружковых фибр). При этом длина фибр (6 см), класс бетона (В15) и процент армирования (μ = 1%) для всех образцов принимались одинаковыми.

Фрагменты компонентов бетона, фибробетонной смеси, образцы в формах и готовые образцы представлены на рисунке 2. Расход фибр на 1 м^3 бетона при проценте армирования μ равном 0,5, 1,0 и 2,0 представлен в таблице 2. Расход компонентов бетона представлен в таблице 3.



(а) (б) (в) (г)

Рис. 2. Составляющие компоненты бетона (а), фибробетонная смесь (б), образцы в формах (в) и готовые образцы (г)

Таблица 2

Расход фибр на 1 м^3 бетона

Вид фибр	Количество, кг, при проценте армирования μ		
	0,5	1,0	2,0
Стальная анкерная фибра марки DRAMIX3D	3,9	7,8	15,6
Полипропиленовая фибра марки FIBER QAZAQSTAN	4,5	9,0	18,0
Стекловолоконная фибра	1,30	2,60	5,20
Базальтовая фибра	1,30	2,60	5,20
Стальная фибра из нарезной проволоки канатного троса, длиной 2 см	3,9	7,8	15,6
Стальная фибра из нарезной проволоки канатного троса, длиной 4 см	3,9	7,8	15,6
Стальная фибра из нарезной проволоки канатного троса, длиной 6 см	3,9	7,8	15,6г
Стальная фибра стружковая, длиной 6 см	3,9	7,8	15,6

Таблица 3

Расход компонентов бетона на 1 м^3

Компоненты	Базовый состав				Номинальный состав			
	B12,5	B15	B20	B27,5	B12,5	B15	B20	B27,5
Цемент М400, кг	285	330	365	450	285	330	365	450
Песок, кг	970	945	938	880	970	945	938	880
Щебень, кг	975	950	960	850	975	950	960	850
Вода, л	170	170	174	190	170	170	174	190

Фибробетонные и бетонные образцы по истечении 28 суток сушки в естественных воздушно-сухих условиях подвергались испытанию с применением лабораторного оборудования.

Для проведения статических испытаний образцов на действие вертикальной сжимающей нагрузки использовался модернизированный гидравлический пресс П-125 российского производства (рис. 3).

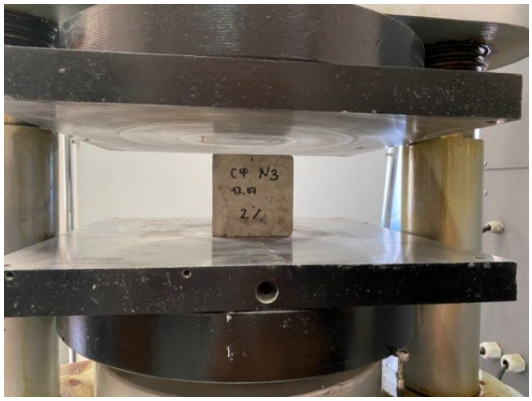


Рис 3. Фрагменты испытаний образцов фибробетона на действие статической нагрузки

Статические испытания образцов проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 [23]. Для сравнительной количественной оценки результатов исследований приняты следующие показатели:

– для 1-5 серии испытаний: коэффициент относительной эффективности фибробетона по прочности, определяемый в виде $K_R = R_f/R_b$ (где: R_f - прочность образца фибробетона, МПа; R_b- прочность бетонного образца (без фибр), МПа);

– для 1 серии испытаний: коэффициент относительной эффективности несталефибробетона по прочности, опеределяемый в виде $K_{iR} = R_{nf}/R_{sf}$ (где: R_{nf} - прочность образца из несталефибробетона, МПа; R_{sf}- прочность образца из сталефибробетона, МПа);

Результаты исследования и обсуждение научных результатов. Результаты испытаний образцов на действие статической нагрузки представлены в таблицах 4-9. В таблицах приведены осредненные значения прочности образцов.

Таблица 4

Результаты 1 серии статических испытаний

Вид бетона образцов	Прочность образца R_f, МПа	Значения	
		коэффициента K_R	коэффициента K_{iR}
Фибробетон со стальными фибрами (СФБ)	29,43	1,20	1,0
Фибробетон с базальтовыми фибрами (БФБ)	28,17	1,15	0,96
Фибробетон со стекловолокон-ными фибрами (СвФБ)	26,21	1,07	0,89
Фибробетон с полипропилено-выми фибрами (ППФБ)	24,99	1,02	0,85

Из таблицы 4 видно, что все виды фибробетона относительно неармированного бетона являются эффективными (K_R> 1,0). Причем наиболее эффективным является фибробетон со стальными фибрами (K_R = 1,2). Из бетонов с нестальными фибрами наибольшая эффективность характерна для бетона с базальтовыми фибрами (K_R = 1,15), а минимальная – для бетона с полипропиленовыми фибрами (K_R= 1,02).

Относительно сталефибробетона все виды нестального фибробетона по прочности на сжатие не эффективны (K_{iR}< 1,0). При этом самый низкий показатель свойствен бетону с полипропиленовыми фибрами (K_{iR} = 0,85). Коэффициенты K_R и K_{iR} могут быть использованы для ориентировочной оценки прочности несталефибробетона соответственно при известной прочности соответственно неармированного бетона и сталефибробетона.

Увеличение объемного содержания стальных фибр в бетоне оказывает положительное влияние на прочность бетона сжатию (табл. 5) (K_R> 1,0). Наибольший эффект достигается при проценте армирования бетона μ = 2% (K_R = 1,46). Так увеличение процента армирования μ в 2 и 4 раза приводит к повышению прочности сталефибробетона R_{sf} соответственно на 11,3 и 37,5%. Динамика изменения прочности сталефибробетона R_{sf} с увеличением процента армирования μ несколько отличается от результатов исследований, представленных в работе [22]. В указанной работе рост прочности сталефибробетона R_{sf} наблюдается в диапазоне изменения процента армирования μ от 0,5 до 1,5%, а, в наших исследованиях – в диапазоне изменения процента армирования от 0,5 до 2,0%, что косвенно подтверждает результаты исследований, приведенные в работе [15].

Таблица 5

Результаты 2 серии статических испытаний

Процент армирования образца стальной фиброй, μ	Прочность образца R_{sf}, МПа	Значения коэффициента K_R
0,5	25,97	1,06
1,0	28,91	1,18
2,0	35,70	1,46

Зависимость K_R= f(μ) описывается прямолинейной функцией (рис. 4), которая позволяет получить следующую формулу для прогнозирования

прочности сталефибробетона в зависимости от прочности бетона и процента его армирования стальными фибрами:

$$R_{sf} = R_b(\text{аμ} + \text{в}), \quad (1)$$

где: а, в- коэффициенты соответственно равные 0,277 и 0,89.

Величина достоверности аппроксимации данных по формуле (1) составляет R^2 = 0,998. При получении корреляционной зависимости K_R= f(μ) учтены результаты испытаний сталефибробетона, представленные в первой строке таблицы 4.

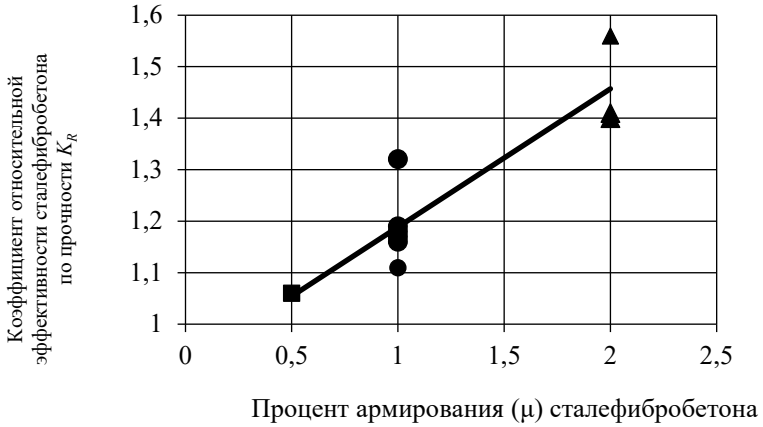


Рис. 4. Зависимость коэффициента K_R от процента армирования μ

Увеличение класса бетона сопровождается повышением прочности сталефибробетона (табл. 6). Значения коэффициента K_R превышают 1,0, и их динамика изменения свидетельствует об эффективности использования стальных фибр для армирования бетонов более высоких классов. Увеличение класса бетона от В12,5 до В15, В20 и В25 ведет к увеличению прочности сталефибробетона соответственно на 31,3, 42,4 и 80,5% (табл. 4-6), тогда так прочность неармированного бетона по мере повышения его класса возрастает соответственно на 27,9, 31,07 и 61,88% (табл. 7). Разница между этими данными для класса бетона В15, В20 и В25 оказалась равной соответственно 3,36, 11,33 и 18,62%. Причиной этому, вероятно, служит повышение сцепляемости стальных фибр с бетонной смесью по мере увеличения расхода цементного вяжущего бетона, которое имеет место при повышении класса бетона.

Таблица 6

Результаты 3 серии статических испытаний

Класс бетона сталефибробетона (на сжатие)	Прочность образца R_{sf}, МПа	Значения коэффициент K_R
В12,5	22,21	1,16
В20	31,62	1,26
В25	39,99	1,29

Таблица 7

Результаты испытаний образцов из неармированного бетона

Класс бетона на сжатие	Прочность образца R_b, МПа	Превышение прочности бетона классов В15-В25 над прочностью бетона класса В12,5
В12,5	19,15	1,0
В15	24,50	1,28
В20	25,10	1,31
В25	31,00	1,62

Зависимость коэффициента K_R от класса бетона сталефибробетона описывается логарифмической функцией (рис. 5), которая позволяет получить следующую формулу для прогнозирования прочности сталефибробетона в зависимости от класса его бетона:

$$R_{sf} = R_b(\text{cln (B)} + m), \quad (2)$$

где: c,m - коэффициенты соответственно равные 0,19 и 0,683; В – класс бетона по прочности на сжатие (в цифрах).

Величина достоверности аппроксимации данных по формуле (2) составляет R^2 = 0,990.



Рис. 5. Зависимость коэффициента K_R от класса бетона по прочности на сжатие

Результаты испытаний, представленные в таблице 8, показывают, что длина стальных фибр из канатного троса оказывает незначительное влияние на прочность сталефибробетона. Значения коэффициента K_R ненамного превышают 1,0. Увеличение длины тросовых фибр l в 2 и 3 раза приводит к повышению прочности канатно-тросового сталефибробетона R_{tsf} соответственно на 1,9 и 4,9%.

Таблица 8

Результаты 4 серии статических испытаний

Длина канатно-тросовой фибры l, мм /отношение длины фибры к диаметру l/d	Прочность образца R_{tsf}, МПа	Значения коэффициент K_R
20/19,05	25,23	1,03
40/38,09	25,72	1,05
60/57,14	26,46	1,08

Зависимость K_R= f(l) описывается прямолинейной функцией (рис. 6), которая позволяет получить следующую формулу для прогнозирования прочности канатно-тросового сталефибробетона в зависимости от длины фибр:

$$R_{tsf} = R_b(\mathrm{p}l + t), \quad (3)$$

где: p, t – коэффициенты соответственно равные 0,012 см $^{-1}$ и 1,003.

Величина достоверности аппроксимации данных по формуле (3) составляет R^2 = 0,986.

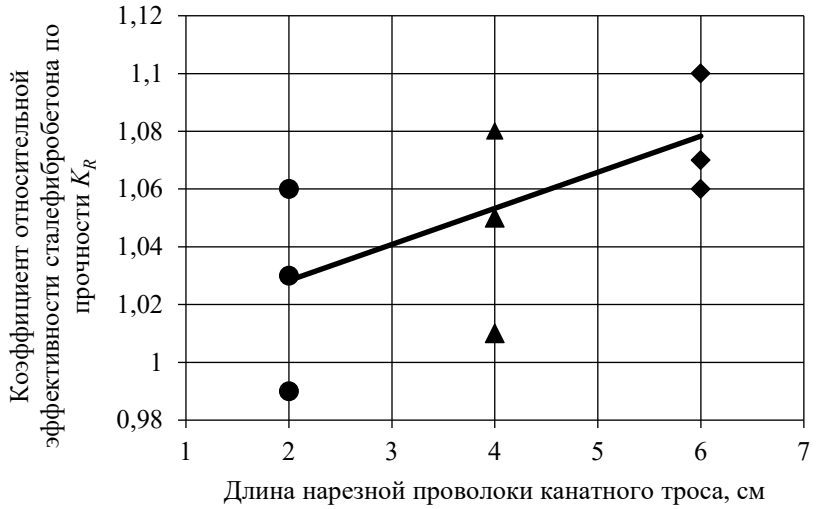


Рис. 6. Зависимость коэффициента K_R от длины канатно-тросовых фибр

На статическую сопротивляемость сталефибробетона положительное влияние оказывает также вид стальной фибры. Из таблицы 9 видно, что наибольший эффект по прочности на сжатие обеспечивается при использовании для армирования бетона стальных фибр марки DRAMIX 3D, а наименьший – при армировании канатно-тросовыми фибрами. Прочность фибробетона из фибр марки DRAMIX 3D R_{sf} превышает прочность фибробетона из стальных стружковых фибр R_{csf} на 0,8%, а прочность фибробетона из канатно-тросовых фибр R_{tsf} – на 11,2%.

Таблица 9

Результаты 5 серии статических испытаний

Вид стальной фибры	Прочность образца, МПА	Значения коэффициент K_R
Фибры марки DRAMIX 3D	R_{sf} = 29,43	1,20
Стружковые фибры	R_{csf} = 27,20	1,11
Канатно-тросовые фибры	R_{tsf} = 26,46	1,08

Заключение. Представленные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1) Вид фибр оказывает положительное влияние на статическую сопротивляемость фибробетона сжатию. При этом наибольшая сопртивляемость характерна для фибробетона, армированного стальными фибрами марки DRAMIX 3D. Незначительно уступает ему фибробетон, армированный базальтовыми фибрами;

2) Статическая сопротивляемость фибробетона, армированного стальными фибрами марки DRAMIX 3D, повышается с увеличением объемного содержания фибр и класса бетона по прочности на сжатие. Наибольший эффект при этом достигается при проценте армирования μ = 2%, и для бетона класса В25 по прочности на сжатие;

3) Фибробетоны, армированные стружковыми и канатно-тросовыми стальными фибрами, по статической сопротивляемости уступают фибробетону со стальными фибрами марки DRAMIX 3D. Увеличение длины канатно-тросовых стальных фибр в 2-3 раза вызывает незначительное повышение прочности фибробетона;

4) Достаточная достоверность представленных корреляционных зависимостей, свидетельствует о возможности их использования для приближенного прогнозирования прочностных параметров фибробетонов при их сравнительной оценке.

В заключении можно отметить, что статическая прочность на сжатие фибробетонов, армированных стальными фибрами всегда выше, чем прочность неармированного бетона, что свидетельствует о целесообразности их использования для изготовления забивных свай.

Список литературы

1. Klyuyev S.V. Fiber-reinforced concrete and products on its basis. [?] 2015, 70-73.
2. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Vatin N.I. Fiber concrete for the construction industry // Magazine of Civil Engineering, 2018. Vol. 84, No. 8. P. 41-47. https://doi.org/10.18720/MCE.84.4.
3. Pukharenko Y.V., Panteleev D.A., Zhavoronkov M.I. Influence of fiber type and matrix composition on adhesive strength in fiber reinforced concrete // The Russian Automobile and Highway Industry Journal, 2022. Vol. 19. P. 436-445. https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-436-445.
4. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Fedin N.A. Application of fibro concrete mixture at construction of bases and coatings automobile roads // Russian journal of transport engineering, 2019. Vol. 3, No. 6. https://doi.org/10.15862/01SATS319.
5. Nazhuev M.P., Khalyushev A.K., Tkach P.S., Efimov I.I., Sanin I.S., Kurbanov N.S., Orlov M.G. Efficiency of using various types of fiber and coarse aggregate in vibrocentrifuged concrete // The Eurasian Scientific Journal, 2020. Vol. 2, No. 12. https://esj.today/PDF/45SAVN220.pdf.
6. Ivlev M.A., Strugovets I.B., Nedoseko I.V. Comparative assessment of the bearing capacity, crack resistance and deformability of lintels with standard and dispersed

reinforcement // Izvestiya KGASU [News of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering], 2012. Vol. 22, No. 4.
7. Travush V.I., Konin D.V., Krylov A.S., Kaprielov S.S., Chilin I.A. Experimental study of composite structures for bending elements, Theory of engineering structures // Building construction, 2017. Vol. 4, No. 72. P. 63-71.
8. Klyuev A.V., Durachenko A.V. The fiber-reinforced concrete for pavement repair on the basis of glass fiber // International journal of applied and fundamental research, 2017. Vol. 1. P. 207-210.
9. Nakhaev M.R. Manufacture of arches from fiber-reinforced concrete for a bridge // Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science, 2021. Vol. 48, No. 3. P. 99-105. https://doi.org/10.21822/2073-6185-2021-48-3-99-105.
10. Babaev V.B., Strokova V.V., Nelyubova V.V. Basalt fiber as a component for micro-reinforcement of cement composites // Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V. G. Shukhov, 2012. Vol. 4.
11. Ibe E.E., Shugurova A.V. Prospects for the use of fiber-reinforced concrete in the construction of hydraulic structures // Internet journal "NAUKOVEDENIE" ["SCIENCE"], 2017. Vol. 9, No. 1. http://naukovedenie.ru/PDF/61TVN117.pdf.
12. Nazhuev M.P., Samofalova M.S., El'shaeva D.M., Zherebtsov Yu.V., Dotsenko N.A., Kurbanov N.S., Efimov I.I. Influence of recipe factors on strengths characteristics of basalt fiber concrete // Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V. G. Shukhov, 2021. Vol. 7. P. 24-32. https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-7-24-32.
13. Talalaeva V.F. Primeneniye fibrobetona dlya remonta konstruktsiy gidromeliorativnykh sooruzheniy [The fiber-reinforced concrete application for irrigation and drainage facility structures repair] // Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture], 2021. No. 3. P. 41-46, [in Russian].
14. Morozov V.I., Pukharenko Yu.V. Efficiency of Fiber Reinforced Concrete Application in Structures Subjected to Dynamic Effects // Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2014. Vol. 3. P. 189-196.
15. Sokolova V.F., Kurbatov L.G., Borovskikh I.N., Rabinovich F.N., Sterin V.S. On the effectiveness of the use of steel-fiber-reinforced concrete in reinforced concrete pile structures // Bases, foundations and soil mechanics, 1985. Vol. 6. P. 4-7.
16. Voilokov I.A. The use of fiber in the manufacture of piles // Engineering and construction magazine, 2009. Vol. 8. P. 6-8.
17. Buyle-Bodin F., Madhkhan M. Seismic behaviour of steel fibre reinforced concrete piles // Mat. Struct., 2002. Vol. 35. P. 402-407. https://doi.org/10.1007/BF02483143.
18. Cihan Akdag, Gurkan Ozden, Nonlinear behavior of reinforced concrete (RC) and steel fiber added RC (WS-SFRC) model piles in medium dense sand // Construction and Building Materials, 2013. Vol. 48. P. 464-472. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.07.024.
19. Ouyang Fang, Zhang Jianjing, Deng Xiaoning, Han Jianwei, Bi Junwei, Du Lin. Analysis of Load Capacity Behaviors of Steel Fiber Reinforced Concrete Piles Through Model Tests // Journal of Shanghai Jiao Tong University, 2016. Vol. 50, No. 3. P. 364-369. https://xuebao.sjtu.edu.cn/EN/Y2016/V50/I03/364.
20. Ramiz Ahmed Raju, Mitsuyoshi Akiyama, Sopokhem Lim, Tatsuya Kakegawa, Yuka Hosono A novel casting procedure for SFRC piles without shear reinforcement using the centrifugal forming technique to manipulate the fiber orientation and distribution // Construction and Building Materials, 2021. Vol. 303, No. 11. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124232.
21. Tulebekova S., Dichuan Zhang, Jong Kim, Deuckhang Lee, Hyunjin Ju Analytical Study of Using Fiber-Reinforced Concrete Pile Foundation for Renewable Energy Storage // The 2018 Structures Congress (Structures18) SongdoConvensia, Incheon, Korea, 2018, 27-31 p.

22. Parfenov A.V. Impact endurance of concretes based on steel and synthetic fibers: specialty 05.23.05 "Building materials and products": Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Ufa, 2004. – 178 p.
23. Bekbasarov I., Nikitenko M., Shanshabayev N., Atenov Y., Moldamuratov Zh., Tapered-prismatic pile: driving energy consumption and bearing capacity // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2021. Vol. 6 (450) P. 53-63. https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.119.
24. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Driving Features of Tapered-Prismatic Piles and Their Resistance to Static Loads // ActaMontanisticaSlovaca, 2022. Vol. 4. P. 55-65. https://doi.org/10.46544/AMS.v27iX.X.
25. Bekbasarov I., Atenov Y. Equations Used to Calculate Vertical Bearing Capacity of Driven Piles with Shaft Broadenings // PeriodicaPolytechnica Civil Engineering, 2020. Vol. 64(4). P. 1235-1243. https://doi.org/10.3311/PPci.16482.
26. Bekbasarov I., Shanshabayev N. Impact Dipping Pyramidal-Prismatic Piles and their Resistance to Pressure and Horizontal Load // PeriodicaPolytechnica Civil Engineering, 2021. Vol. 65(3). P. 909-917. https://doi.org/10.3311/PPci.17923.
27. GOST 10180-2012 Concrete. Methods for determining the strength of control samples. Interstate standard. – Moscow: Standartinform, 2018. – 36 p..
28. GOST 8736-2014 Sand for construction work. Specifications. Interstate standard. – Moscow: Standartinform, 2019. – 11 p.
29. GOST 8267-93 Crushed stone and gravel from dense rocks for construction work. Specifications. Interstate standard. – Moscow: Standartinform. – 2014. – 21 p..
30. GOST 30515-2013 Cements. General specifications. Interstate standard. – Moscow: Standartinform, 2019. – 42 p.
31. GOST 5686-2012 Soils. Methods of field tests with piles. Interstate standard. – Moscow: Standartinform, 2014. – 42 p.
32. SP RK 5.01-101-2013 Earthworks, foundations and foundations. Code of Rules of the Republic of Kazakhstan. – Astana: JSC KazNIISA, 2015. – 221 p.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта AP13268763 «Разработка забивных фибробетонных полипрочных пирамидально-призматических свай» (договор №142/ЖF-1-22-24 от 21.06.2022 г.).

Материал поступил в редакцию 19.04.24.

Н.А. Шаншабаев[1], И.И. Бекбасаров[1], Е.И. Атенов[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ҚАДАЛАРДЫ ӨНДІРУ ҮШІН ӘРТҮРЛІ ФИБРОБЕТОН ТҮРЛЕРІНІҢ БЕРІКТІК ҚАСИЕТТЕРІН СТАТИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРМЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Жұмыста суырып алу жүктемесінің әсеріне пирамидалық-призмалық қадалар үлгілерін зертханалық сынау нәтижелері ұсынылған. Тәжірибелер сазды топырақта жүргізілді. Пирамидалық-призмалық қадалардың модельдері пирамида учаскесінің көлеміне байланысты призмалық және пирамидалық (бақылау) қадалармен салыстырғанда үлкен және аз қарсылыққа ие болуы мүмкін екендігі анықталды. Сонымен, пирамидалық-призмалық қадалардың тарту жүктемесіне кедергісі 20×20 мм көлденең қимасы бар призмалық қадалар моделінің кедергісінен 1,80 есе жоғары екендігі анықталды. көлденең қимасы 30×30 мм болатын призмалық қадалар моделімен және пирамидалық қадалар моделімен салыстырғанда (көлденең қимасы 30×30 мм жоғарғы жағында және төменгі жағында – 20×20 мм) пирамидалық призмалық қадалардың модельдері аз қарсылыққа ие (6-

45%). ППҚ пирамидалық бөлігінің жоғарғы бөлігінің мөлшерінің ұлғаюы олардың пирамидалық бөлігінің ұзындығын ұлғайтуға қарағанда олардың тартуға төзімділігін арттыруға айтарлықтай әсер етеді. Дәстүрлі (призмалық және пирамидалық) қадалардың кедергісіне қатысты тарту жүктемесіне пирамида-призмалық қадалардың кедергісін алдын-ала бағалау үшін қолдануға болатын корреляциялық тәуелділіктер орнатылды.

Тірек сөздер: модель, призмалық қадалар, пирамидалық қадалар, пирамидалық-призмалық қадалар, суырып алу жүктемесі.

N.A. Shanshabayev[1], I.I. Bekbasarov[1], Y.I. Atenov[1]

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

RESEARCH OF THE STRENGTH PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF FIBER CONCRETE UNDER STATIC LOADS FOR THE PRODUCTION OF DRIVEN PILES

Abstract. This paper presents the results of laboratory tests of models of pyramidal-prismatic piles on the effect of vertical pulling load. The experiments were carried out in clay soil. It is established that models of pyramidal-prismatic piles, depending on the size of the pyramidal section, can have both greater and lesser resistance compared to prismatic and pyramidal (control) piles. Thus, it was found that the resistance of pyramidal-prismatic piles to the pulling load is 1.19-1.80 times higher than the resistance of a model of a prismatic pile with a cross-section size of 20×20 mm. Compared with the model of a prismatic pile with a cross-section size of 30 ×30 mm and with the model of a pyramidal pile (with a cross-section size of 30×30 mm at the top and 20×20 mm at the bottom), the models of pyramidal-prismatic piles have less resistance (by 6-45%). An increase in the size of the upper section of the pyramidal part of the PPP has a more significant effect on increasing their resistance to pulling out than an increase in the length of their pyramidal section. Correlations have been established that can be used for a preliminary assessment of the resistance of pyramidal-prismatic piles to the pulling load relative to the resistance of traditional (prismatic and pyramidal) piles.

Keywords: model, prismatic pile, pyramidal pile, pyramidal-prismatic pile, pulling load.

МРНТИ 67.11.29

И.И. Бекбасаров[1] – *основной автор*, ©
Е.И. Атенов[2], Н.А. Шаншабаев[3]

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

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-3250-7853* [2]*https://orcid.org/0000-0002-2907-6610*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-4930-0488*

[1,2,3]*Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати*

Тараз, Казахстан

[1]*ii.bekbasarov@dulaty.kz*

https://doi.org/10.55956/ZBJU3224

ОБ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ЗАБИВКИ ШТАМПА И СВАЙ РАЗНОЙ ДЛИНЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЛЕНТОЧНОГО КОМБИНИРОВАННОГО СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА (ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЯХ)

Аннотация. Изложены результаты лабораторных экспериментов по оценке энергоемкости забивки свай и штампа при устройстве ленточного комбинированного свайного фундамента (далее – ЛКСФ). Исследования выполнены с применением моделей свай и ленточного штампа. Установлено, что наличие отверстий в ленточном штампе, облегчает процесс выштамповывания траншеи в грунте и сопровождается некоторым выпором глинистого грунта в полость отверстий. Выявлено, что сваи большей длины при одинаковых затратах энергии на их забивку погружаются на меньшую глубину. Определено, что забивка свай через сквозные отверстия штампа, погруженного в грунт, является более энергоемким процессом, чем забивка свай вне штампа. Данный эффект более значимо проявляется при погружении свай малой длины. Установлено, что забивка штампа со сквозными отверстиями поверху свай, погруженных в грунт, сопровождается большими затратами энергии, чем, забивка штампа при отсутствии забитых свай. Причем эти затраты тем выше, чем больше длина свай. Получены корреляционные зависимости, которые рекомендуется использовать для относительного прогноза энергетических затрат молота, необходимых для забивки штампа и свай, при устройстве ЛКСФ. Выявлено, что наиболее эффективным по энергоемкости является процесс устройства ЛКСФ, при котором забивка штампа для выштамповывания траншеи, производится после погружения свай.

Ключевые слова: комбинированный фундамент**,** грунт, штамп, свая, траншея, котлован, забивка, выштамповывание, энергия, удар, энергоемкость.

Бекбасаров, И.И. Об энергоемкости забивки штампа и свай разной длины при устройстве ленточного комбинированного свайного фундамента (исследования на моделях) [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов, Н.А. Шаншабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.190-206. https://doi.org/10.55956/ZBJU3224

Введение. Одним из прогрессивных видов фундаментов зданий и сооружений, обладающих высокой несущей способностью, являются

комбинированные свайные фундаменты (далее – КСФ), впервые предложенные в начале 90-ых годов 20 века в Башкирии [1]. КСФ представляют собой фундаменты, состоящие из одной или нескольких свай и фундамента, устроенного в вытрамбованном или выштампованном котловане (ФВК или ФВШК). Несущая способность КСФ при действии вдавливающей вертикальной статической нагрузки может достигать до 3000-3500 кН и более. В настоящее время существуют следующие технологии устройства КСФ [2]:

– вытрамбовывается котлован падающей трамбовкой, со дна готового котлована осуществляется забивка свай, производится бетонирование фундамента с заделкой головы свай в нем;

– забивается полый железобетонный блок (стакан), закрытый снизу, из блока извлекается «пробка» (закрывающая его дно), со дна блока производится забивка свай, выполняется бетонная заделка свай в блоке;

– выштамповывается котлован путем забивки штампа, извлекается штамп, производится забивка свай со дна котлована, выполняется бетонирование фундамента с заделкой головы свай.

Специалистами выполнен ряд исследований, посвященных изучению особенностей устройства КСФ, их работы под нагрузкой и созданию методов расчета их несущей способности. Так Готманом А.Л. и Каранаевым М.З. [1] в глинистых грунтах устроены три КСФ, каждый из которых состоял из железобетонного стакана (выполняющего роль, как ростверка, так и подколонника) и четырех свай. Забивные стаканы, изготовлялись в виде усеченной пирамиды с толщиной стенок 10 см и высотой 2,0 м. Размеры стакана в плане составляли: в верхней части – 1,5×1,5 м; в нижней части – 1,2×1,2 м. В составе КСФ использовались железобетонные сваи длиной 9 м с размерами поперечного сечения 30×30 см. Выполнены статические испытания отдельно забивных стаканов, отдельно свай и отдельно КСФ. По результатам испытаний авторами установлено, что предельное сопротивление КСФ составило 2900-3500 кН. Причем установлено, что несущая способность КСФ больше, чем суммарная несущая способность стакана и четырех свай, на 8-17%, т.е. имеет место положительный эффект совместной работы забивного стакана и свай как цельного фундамента.

Балобановым А.В., Гончаровым Б.В. и Готманом А.Л. в работе [3] представлен метод динамического контроля несущей способности КСФ. В основу метода положено упрощенное уравнение энергетического баланса, принятое из допущения, что энергия молота при ударе по забивному стакану затрачивается только на его перемещение в грунте, а при ударе по свае – только на ее погружение. В состав формулы, предложенной для оценки несущей способности КСФ, включены эмпирические коэффициенты, установленные по результатам статических и динамических испытаний.

В работе [4] авторами представлены результаты численных исследований КСФ. Определены параметры, оказывающие потенциальное влияние на значения перемещений КСФ, при действии горизонтальной и моментной нагрузки. Получено уравнение регрессии, учитывающее влияние этих параметров. Результаты расчетов, полученные на основе этого уравнения, сопоставлены с результатами расчетов по программе «Аркомгор». Установлено, что уравнение регрессии позволяет с достаточной точностью прогнозировать горизонтальные перемещения КСФ с учетом параметров грунта и забивного стакана.

Урманшиной Н.Э. в продолжение исследований, указанных в работе [4], выполнены численные эксперименты по оценке влияния ряда факторов на величину горизонтальных перемещений КСФ [5]. Выявлено, что на перемещения КСФ (при действии горизонтальной нагрузки) значительное влияние оказывают значения коэффициента постели грунта, залегающего вокруг стакана фундамента и размеры его поперечного сечения. Определено, что увеличение коэффициента постели грунта вызывает повышение сопротивления КСФ до 60%, а увеличение поперечного размера стакана – до 35% [6].

КСФ, состоящие из фундамента в вытрамбованном котловане и одной центральной сваи, изучались Бартоломеем А.А. и Глушковым И.В. путем проведения экспериментальных и численных исследований [7,8]. Исследователями установлены закономерности изменения напряжений под подошвой и по боковой поверхности КСФ, а также разработан инженерный метод расчета их осадок. Метод позволяет определять осадку КСФ, в которой в качестве центральной сваи используется призматическая свая, коническая свая или полая свая с круглым поперечным сечением.

Самофеевым Н.С., Гареевой З.А. и Гареевым Т.Р. предложен КСФ из трех наклонных свай [9]. Верхняя часть фундамента, которая служит ростверком – подколонником, имеет цилиндрическую форму диаметром 1,5 м и высоту 2 м. Угол наклона свай в фундаменте принят 12º, что позволяет исключить взаимовлияние свай друг на друга. Длина свай составляет 8 м. КСФ разработаны в качестве альтернативного варианта для возведения каркасного здания производственно-бытового корпуса в условиях Крайнего севера. Технико-экономическими расчетами установлено, что КСФ по сравнению с фундаментами мелкого заложения (ФМЗ) и обычным фундаментом в виде свайного поля (СП), более экономичны. Так сметная стоимость строительно-монтажных работ по устройству КСФ соответственно в 1,27 и 1,5 раза меньше, чем при возведении СП и ФМЗ, а удельные приведенные затраты – меньше соответственно в 1,48 и 2,36 раза. К тому же устройство КСФ сопровождается меньшим расходом бетона. Определено, что расход бетона на устройство КСФ соответственно в 1,53 и 2,2 раза меньше, чем на возведение СП и ФМЗ.

В работе [10] представлены результаты численных исследований по оценке влияния длины сваи и угла наклона стенок фундамента в выштампованном котловане (ФШК) на несущую способность односвайного КСФ при действии вертикальной статической нагрузки. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса Plaxis 2D. ФШК принят конусообразной формы со следующими размерами: диаметром вверху – 0,6-1,58 м; диаметром внизу – 0,3-0,4 м; высотой – 0,5-0,9 м. Сваи приняты призматическими, длиной 3,6 и 9 м с размерами поперечного сечения 30×30 см и 40×40 см. Диаметр нижней части ФШК соответствовал размеру поперечного сечения сваи. Определено, что увеличение длины сваи в 2-3 раза приводит к повышению несущей способности КСФ в 1,25-1,73 раза. Увеличение же угла наклона стенок ФШК в 1,33-2,0 раза вызывает снижение несущей способности КСФ до 23-28%.

Из изложенного анализа следует, что результаты исследований, полученные специалистами, в основном, относятся к оценке несущей способности КСФ при действии вдавливающей нагрузки, их сопротивляемости горизонтальной и моментной нагрузке, а также к инженерному прогнозу их осадок.

К сожалению, в работах [1-10] не рассматриваются особенности забивки свай и забивного блока (трамбовки или штампа) при устройстве КСФ. Известно, что при вытрамбовывании (выштамповывании) котлована под фундамент, грунт в верхней части массива, существенно уплотняется и вокруг котлована формируется уплотненная зона определенных размеров. Высота уплотненной зоны грунта ниже дна котлована в зависимости от уклона стенок и угла заострения трамбовки (котлована) изменяется от 0,75 до 1,7b_m (где: b_m – ширина котлована в среднем сечении) [11], а плотность грунта на уровне дна котлована в зависимости от режима вытрамбовывания может достигать 1,78-1,99 т/м^3 [12]. Исходя из этих данных, можно предположить, что при устройстве КСФ, указанных в работе [1], высота уплотненной зоны грунта (ниже подошвы забивного стакана) составляла ориентировочно 2,0 м. Следовательно, сваи прорезали данный уплотненный грунт, и вероятно это сопровождалось большими энергетическими затратами молота, опасностью разрушения свай и риском их недопогружения до требуемой глубины.

В целом логично предполагать, что, потенциально, забивка свай при устройстве КСФ, является более энергоемким, продолжительным и не бездефектным процессом по сравнению с обычной забивкой свай в природное напластование грунтов, в котором, грунт в верхней части массива, как правило, менее прочный, чем нижележащие грунты.

Как известно, КСФ являются либо кустовыми, либо односвайными. Поэтому они могут быть использованы, в основном, для возведения каркасных зданий. Применительно к бескаркасным, в том числе, и к зданиям с несущими кирпичными стенами Бекбасаровым И.И. и Исаковым Г.И. предложен ленточный КСФ (далее – ЛКСФ), состоящий из одного ряда свай и ленточного фундамента в выштампованной траншеи, который служит ростверком [13].

В отличие от известных вариантов КСФ при устройстве ЛКСФ выштамповывание траншеи под ростверк производится после забивки свай. Такой подход обусловлен, тем, что выштамповывание траншеи после погружения свай позволяет уплотнять верхнюю часть грунтового массива, которая обычно (после забивки свай) разрыхлена и в ней, а именно, в контактной зоне со стволом свай образуются щели (примерно на глубину до 1,0-1,5 м), особенно в глинистых грунтах. При устройстве ЛКСФ, уплотненная зона под ростверком формируется после забивки свай, а не до их забивки, что исключает риск недопогружения и повреждения свай, а также способствует повышению сопротивляемости грунтов по боковой поверхности свай в их верхней части.

Как видно КСФ отличаются от предложенного ЛКСФ очередностью забивки свай и устройства фундамента (стакана) в вытрамбованном или выштампованном котловане. В связи с этим, актуальным для исследований является вопрос о том, что эффективнее: забивка свай до выштамповывания (вытрамбовывания) траншеи (котлована) под ростверк (стакан), или же забивка свай после подготовки траншеи (котлована). Исходя из этого, проведены соответствующие экспериментальные исследования с использованием моделей ЛКСФ в глинистом грунте.

Целью исследований являлось – количественная оценка влияния очередности забивки свай и штампа при устройстве ЛКСФ на их погружаемость и энергоемкость.

Условия и методы исследования. *Характеристика грунта, оборудования, моделей свай и штампа, методика исследований.* Эксперименты проводились в пространственном грунтовом лотке, снабженном навесным оборудованием для ударного погружения моделей свай и штампа, подробные сведения о которых представлены в работе [14]. Моделирование свай, штампа, грунта и процесса их забивки осуществлялось на основе методики, изложенной в работе [15].

Модели свай (далее – сваи) изготовлялись из деревянных элементов с масштабом геометрического моделирования 1:20. Использовались три модели свай длиной 150, 200 и 300 мм. Высота острия моделей свай принята равной 15 мм. Размеры поперечного сечения моделей свай составляли 20×20 мм. Ленточный штамп для выштамповывания траншеи изготовлялся с двумя сквозными квадратными отверстиями для пропуска свай через его корпус. Штамп имел в поперечном сечении форму перевернутой усеченной пирамиды. Масштаб геометрического моделирования для штампа принят 1:10, исходя из условия соответствия размера сечения модели сваи, аналогичному размеру модели ленточного свайного ростверка. Высота штампа составляла 60 мм, длина – 120 мм, а размеры поперечного сечения вверху – 60 мм, внизу – 35 мм. Уклон боковых граней штампа принят 1:5. Размеры сквозных отверстий в штампе равны 22×22 мм, а расстояние между ними в осях – 60 мм.

В качестве модели грунта использовался суглинок нарушенной структуры. Физические показатели грунта представлены в таблице 1. Грунт пропускался через сито с размерами отверстия 1 мм, затем он увлажнялся расчетным количеством воды, после чего производилась его укладка в лоток с уплотнением каждого слоя. Плотность грунта слоя устанавливалась с помощью микропенетрационных испытаний [16].

Таблица 1

Физические показатели суглинка

Показатель	Значение
Влажность, %	16,7
Влажность на границе текучести, %	17,32
Влажность на границе раскатывания, %	26,45
Число пластичности	0,0913
Показатель текучести	- 0,068
Плотность, т/м^3	1,47
Плотность в сухом состоянии, т/м^3	1,26

Проводились три серии лабораторных опытов. Первая серия включала в себя забивку штампа с закрытыми и открытыми сквозными отверстиями. При этом отверстия закрывались пластиной, которая крепилась к подошве штампа шурупами.

Вторая серия опытов состояла в забивке свай длиной 150, 200 и 300 мм. Сваи забивались попарно с расстояниями между ними в осях 600 мм.

Третья серия опытов состояла в забивке штампа с открытыми отверстиями и последовательную забивку двух свай одинаковой длины через отверстия в штампе.

Четвертая серия опытов предусматривала забивку двух свай одинаковой длины с последующей забивкой через них штампа с открытыми отверстиями для выштамповывания траншеи в верхней части грунта.

Забивка свай и штампа сопровождалась измерением глубины их погружения и подсчетом количества ударов, затрачиваемых на их забивку. Кроме того, измерялись деформации подъема сваи при забивке соседней сваи, и при погружении штампа, а также аналогичные деформации штампа при забивке свай. Фиксировались также дефекты (трещины, щели, разрушения и др.) в грунте вокруг свай и штампа при забивке.

Фрагменты погружения штампа и свай представлены на рисунке 1.

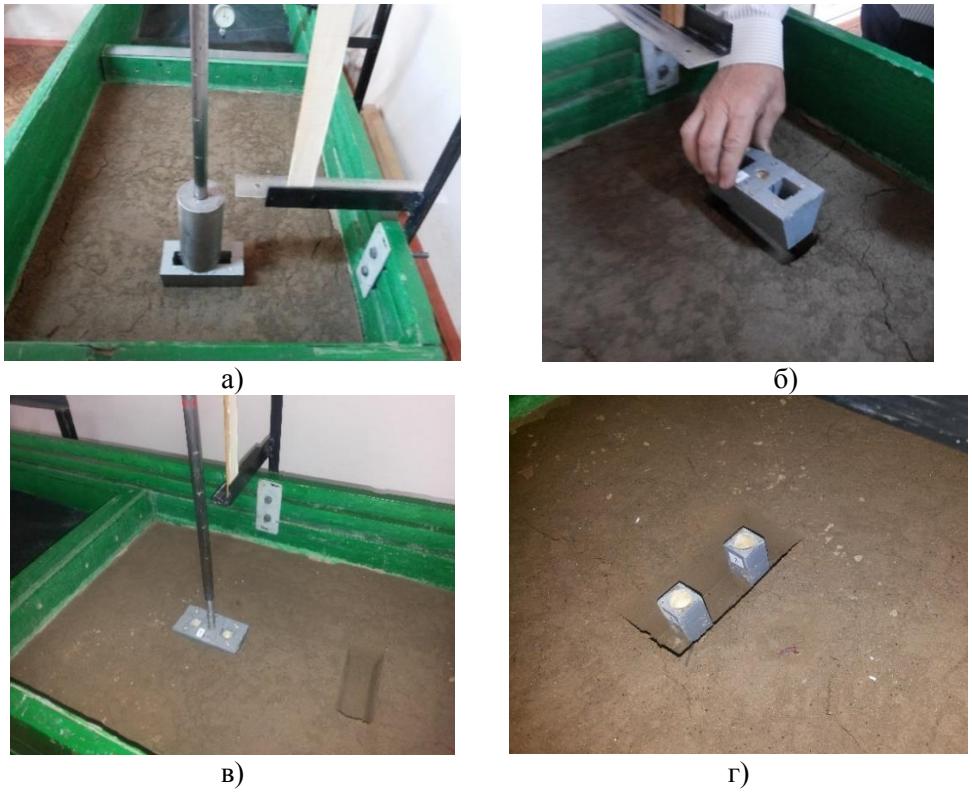


Рис. 1. Фрагменты погружения штампа (а), его извлечения (б), забивки штампа после забивки свай (в) и погружения свай после выштамповывания траншеи (г)

Забивка штампа с открытыми и закрытыми сквозными отверстиями производилась ударами ударника массой 2,5 кг. Высота сбрасывания ударника в процессе погружения штампа изменялась по ступенчато-возрастающей схеме (табл. 2). Минимальная высота сбрасывания ударника составляла 144 мм, а максимальная – 343 мм. Выбор данной схемы ударного нагружения штампа обусловлен его эффективностью, в отличие от традиционной схемы сбрасывания ударника с постоянной высоты [17]. Забивка свай выполнялась ударами ударника массой 1,0 кг, сбрасываемой с высоты 140 мм. Погружаемость штампа и свай оценивалась удельной энергоемкостью, которая устанавливалась в виде отношения полной потенциальной энергии ударника, затраченной на погружение элемента (штампа или сваи), к объему погруженной в грунт части элемента.

Результаты исследования и обсуждение научных результатов. Результаты забивки свай и штампа представлены в таблицах 2-5 и рисунках 2-5.

Таблица 2

Энергетические параметры ударника и глубина погружения штампа

Количество ударов n	Высота сбрасывания ударника H, мм	Энергия ударов E_{ush}, Дж	Глубина погружения штампа h_{sh}, мм,				
			с закрытыми отверстиями	с открытыми отверстиями до забивки свай	с открытыми отверстиями после забивки свай длиной, см		
					15	20	30
3	144	10,59	11	21	8	7	5
6		21,18	18	30	13	11	9
9		31,77	24	35	19	16	13
13	194	50,80	30	41	26	22	18
15		60,32	33	44	29	25	20
18	243	78,20	37	48	33	29	23
21		96,08	41	51	37	33	26
24		113,96	45	54	41	36	29
27	293	135,52	49	57	45	39	32
30		157,08	53	59	48	42	35
34		185,82	58	-	52	46	38
38	343	219,47	-	-	56	49	41
42		253,12	-	-	59	52	44
44		269,94	-	-	-	53	46
46		286,76	-	-	-	55	48
50		320,41	-	-	-	58	51
54		354,06	-	-	-	-	54
58		387,71	-	-	-	-	57
62		421,36	-	-	-	-	59

Таблица 3

Итоговые результаты забивки штампа

Штамп	Общее количество ударов n_o	Полная энергия ударов E'_{ush}, Дж	Полная глубина погружения h_{psh} (средний остаточный отказ S_{sh}), мм	Удельная энергоемкость забивки E_{vsh}, Дж/см^3
Штамп с закрытыми отверстиями	34	185,82	58 (1,71)	0,562
Штамп с открытыми отверстиями до забивки свай	30	157,08	59 (1,97)	0,467
Штамп с открытыми отверстиями после забивки свай	42	253,12	59 (1,40)	0,753
	50	320,41	58 (1,16)	0,969
	62	421,36	59 (0,95)	1,253
Примечание: в последних трех строках сверху вниз приведены данные, соответственно относящиеся к штампу, забитому после погружения свай длиной 15, 20 и 30 см.				

Таблица 4

Энергетические параметры ударника и глубина погружения свай

Количество ударов n	Глубина погружения сваи h_c, мм, длиной			Энергия ударов E_{uc}, Дж
	15 см	20 см	30 см	
8	100/50	65/35	45/25	11,07
16	149/75	105/59	79/49	22,13
28	- /105	140/90	115/75	38,73
40	- /130	170/116	140/99	55,33
52	- /152	198/140	165/122	71,93
60	-	- /158	185/138	82,99
70	-	- /180	205/160	96,82
79	-	- /199	225/179	109,24
91	-	-	250/203	125,87
102	-	-	270/224	141,08
110	-	-	285/239	152,15
120	-	-	300/259	165,98
129			- /279	178,43
140			- /299	193,65
120	-	-	- /259	165,98
129	-	-	- /279	178,43
140	-	-	- /299	193,65
Примечание: перед чертой указаны данные до забивки штампа, а за чертой – после забивки штампа.				

Таблица 5

Итоговые результаты забивки свай

Сваи	Общее количество ударов n_o	Полная энергия ударов E'_{uc}, Дж	Полная глубина погружения h_{pc}, мм	Средний остаточный отказ S_c, мм	Удельная энергоемкость забивки E_{vc}, Дж/см^3
Свая длиной 15 см	16/52	22,13/71,93	149/152	9,3/2,9	0,371/1,183
Свая длиной 20 см	52/79	71,93/109,24	198/199	3,8/2,5	0,908/1,372
Свая длиной 30 см	110/140	165,98/193,65	300/299	2,7/2,1	1,383/1,619
Примечание: перед чертой указаны данные до забивки штампа, а за чертой – после забивки штампа					

Из результатов первой серии опытов (табл. 2,3, рис. 2,3) видно, что забивка штампа с закрытыми отверстиями (как штампа со сплошной подошвой) является более энергоемким процессом, чем забивка штампа с открытыми отверстиями. Так, при практически одинаковой глубине погружения, количество ударов, полная энергия ударов ударника, и удельная энергоемкость забивки штампа с закрытыми отверстиями соответственно в 1,13, 1,18 и 1,2 раза больше, чем для штампа с открытыми отверстиями. Учитывая, что в опытах принят одинаковый режим приложения ударной нагрузки на штампы, полученные данные можно объяснить меньшей сопротивляемостью грунта при внедрении штампа с открытыми отверстиями.

Это вызвано, тем, что под подошвой штампа, в зоне отверстий, при ударах ударника, часть грунта выдавливалась в полость отверстий в разуплотненном виде. Поэтому сопротивляемость грунта в зоне отверстий штампа ослабевает. Замерами установлено, что высота выпора грунта в полость отверстий составляла 3,0-3,5 мм.

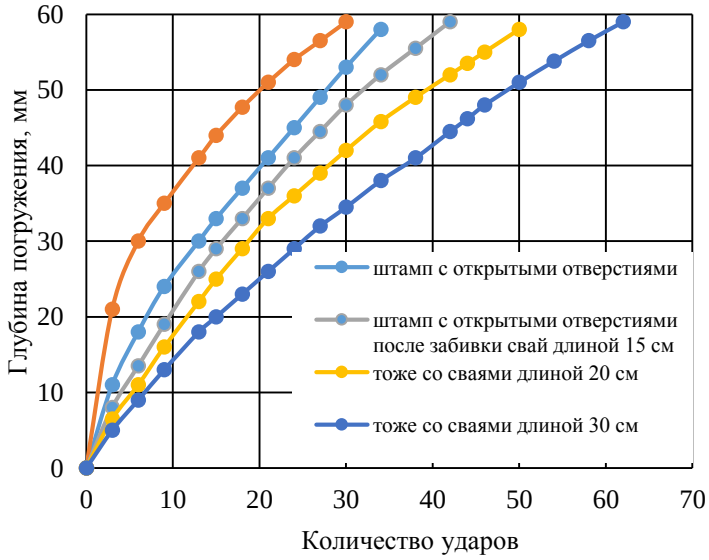


Рис. 2. Изменение глубины погружения штампа по мере увеличения количества ударов

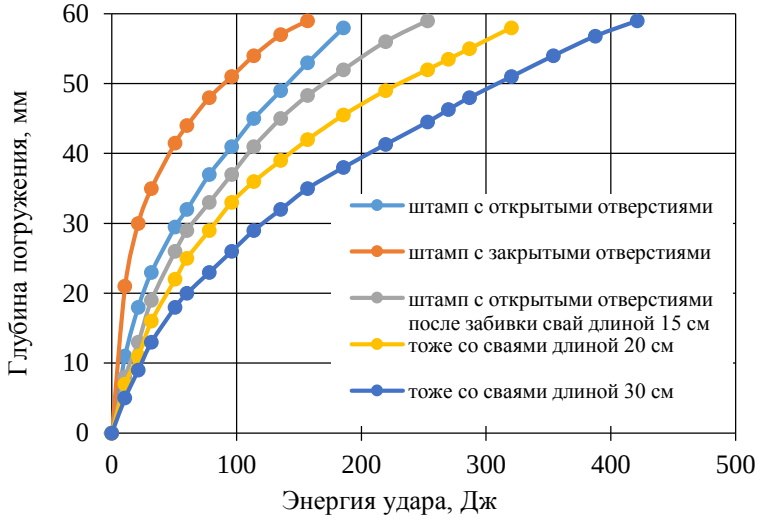


Рис. 3. Изменение глубины погружения штампа по мере увеличения энергии ударов

Во второй серии опытов (табл. 4,5 рис. 4) забивка свай большей длины при одинаковых энергетических затратах ударника сопровождалась уменьшением глубины погружения. Выявлено, что увеличение длины свай в 1,3 и 2 раза ведет к уменьшению глубины забивки свай на 29,5 и 47,0%. При забивке двух свай одинаковой длины через 60 см подъем ранее забитой сваи не наблюдался.

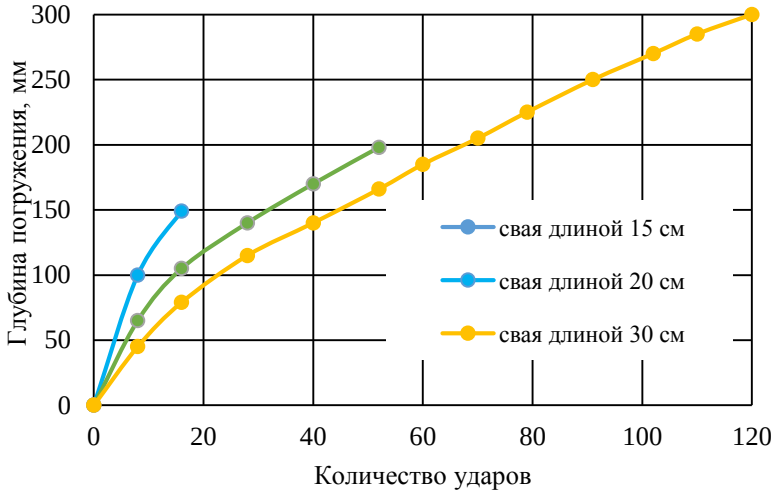


Рис. 4. Изменение глубины погружения свай (до забивки штампа) по мере увеличения количества ударов

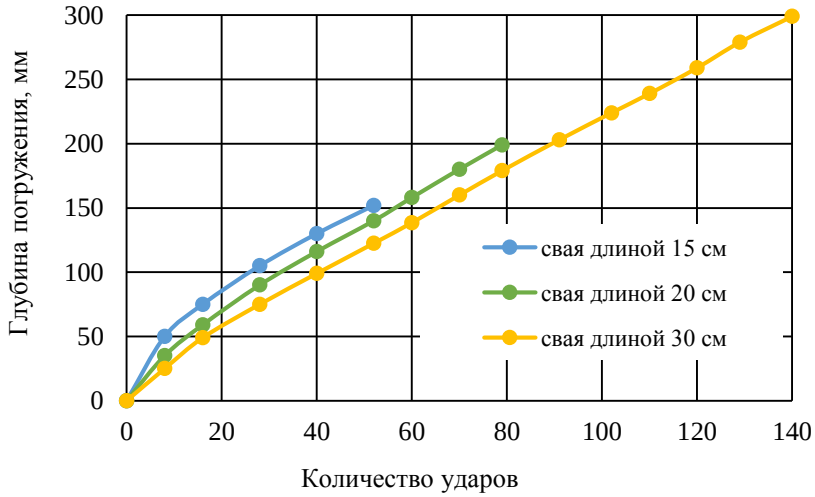


Рис. 5. Изменение глубины погружения свай (после забивки штампа) по мере увеличения количества ударов

Результаты опытов третьей серии (табл. 4,5 рис. 5) показывают, что забивка свай через отверстия штампа, погруженного в грунт, сопровождается большими энергетическими затратами ударника, чем забивка свай вне штампа (вторая серия опытов). Так затраты энергии ударов для свай длиной 15, 20 и 30 см, забитых через отверстия штампа, оказались большими соответственно в 3,25, 1,52 и 1,17 раза. Как видно указанная разница в энергетических затратах ударника тем выше, чем меньше длина свай. Это свидетельствует о том, что при меньшей длине сваи на ее погружаемость большое влияние оказывает уплотненная зона грунта, которая формируется под подошвой траншеи при забивке штампа. Вероятно, при меньшей длине сваи доля сил трения грунта по ее по боковой поверхности в пределах высоты уплотненной зоны выше, чем доля сил трения грунта ниже данной зоны уплотнения.

В опытах третьей серии кроме того установлено, что при забивке свай через отверстия в штампе, происходит подъем штампа, за счет некоторого выпора грунта. Высота подъема штампа при забивке свай составляла 2,5-3,0 мм. Имел место также подъем сваи, ранее забитой в отверстие штампа, при погружении соседней сваи. Высота подъема соседних свай составила 1,5-2,0 мм. Кроме того, забивка свай сопровождалась разрыхлением поверхности грунта вокруг забитого штампа с появлением щелей по его периметру. Ширина щелей составляла 0,5-1,0 мм.

Результаты четвертой серии опытов (табл. 3 и рис. 2,3) свидетельствуют о том, что длина забитых свай, следовательно, и их глубина погружения оказывают влияние на энергетические параметры забивки штампа. Забивка штампа после погружения свай является более энергозатратным процессом, чем погружение штампа до забивки свай. Причем энергетические параметры ударника при погружении штампа тем выше, чем больше длина свай. Так, количество ударов, затраченное для погружения штампа после забивки свай длиной 15, 20 и 30 см соответственно в 1,4, 1,76 и 2,07 раза выше, чем для погружения штампа с открытыми отверстиями (без забивки свай). Превышения полной энергии ударника и удельной энергоемкости штампа после забивки свай над аналогичными параметрами штампа до забивки свай соответственно составили: 1,61, 2,04 и 2,68; 1,61, 2,07 и 2,68.

Сравнение результатов исследований показывает, что суммарные энергетические затраты ударника на погружение штампа и свай в опытах третьей и четвертой серии неодинаковы (табл. 6). Наиболее энергоемким является процесс, в котором, в начале забиваются сваи, а потом через них в грунт погружается штамп с отверстиями. Причем, данное явление, явно справедливо для случая, когда используются сваи длиной 20 и 30 см. Так суммарные затраты энергии на погружение штампа и свай, длиной 20 и 30 см, в четвертой серии опытов, соответственно в 1,24 и 1,38 раза выше, чем в третьей серии опытов. А, суммарные затраты энергии в рассматриваемых сериях испытаний, при длине свай 15 см, отличаются друг от друга незначительно (разница 1,21%).

Таблица 6

Суммарные затраты энергии на забивку штампа и свай

Серия опытов	Суммарные энергетические затраты, Дж, на забивку штампа и двух свай длиной, см (доля затрат энергии на погружение штампа, %)		
	15	20	30
Третья серия (забивка свай после забивки штампа)	300,94 (52,20)	375,56 (41,83)	544,38 (28,85)
Четвертая серия (забивка штампа после забивки свай)	297,38 (85,17)	464,27 (69,01)	753,32 (55,93)

Доля затрат энергии, приходящей на забивку штампа, в четвертой серии опытов существенно выше, чем в третьей серии (на 56-85%), что свидетельствует о более значительной сопротивляемости грунта, при забивке штампа после забивки свай. Причиной этому, во-первых, служит наличие в грунте, погруженных свай, и, во-вторых – уплотнение грунта вокруг свай при их забивке.

Анализ результатов опытов, представленные в таблице 3, позволяет установить корреляционную зависимость между коэффициентом К $_{vsh}$ = (E^p_{vsh}/ E^d_{vsh}) и L_m (где: E^p_{vsh} – удельная энергоемкость забивки штампа после погружения свай, кДж/м^3; E^d_{vsh} – тоже до погружения свай, кДж/м^3; L_m – длина модели сваи, м). Данная зависимость описывается следующей линейной функцией (рис. 6):

$$К_{vsh} = gL_m + z, \quad (1)$$

где: g, z – коэффициенты соответственно равные: 6,985 м$^{-1}$; 0,606.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (1): R^2 = 0,988.

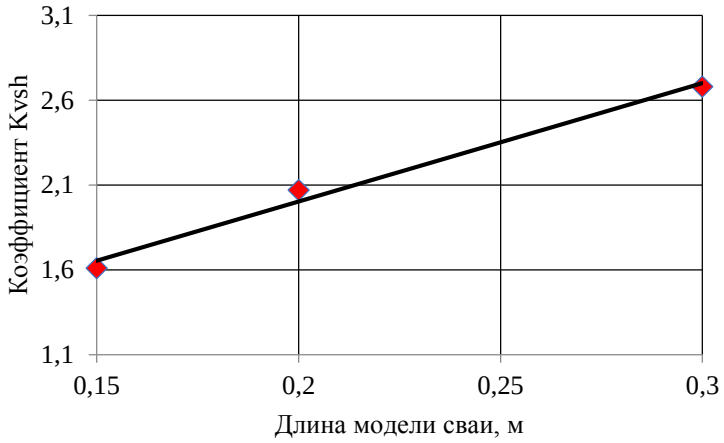


Рис. 6. Изменение коэффициента К $_{vsh}$ по мере увеличения длины модели свай

Результаты опытов, приведенные в таблице 4, могут быть представлены в виде зависимости коэффициента $K_{vc} = (E^p_{vc}/E^d_{vc})$ от L_m (где: E^p_{vc} – удельная энергоемкость забивки сваи, после забивки штампа, кДж/м^3; E^d_{vc} – тоже до забивки штампа, кДж/м^3) которая описывается следующей степенной функцией (рис. 7):

$$K_{vc} = fL_m^{-r}, \quad (2)$$

где: f, r – коэффициенты соответственно равные: 0,199 м$^{-1}$, 1,39.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (2): R^2 = 0,866.

Выражая длину модели сваи L_m через геометрический масштаб моделирования N в виде $L_m = NL_c$ (где: L_c – длина сваи, м), формулы (1) и (2) можно представить в виде:

$$E^P_{sh} = E^d_{sh}(gNL_c + z), \quad (3)$$

$$E^p_c = E^d_c f(NL_c)^{-r}, \quad (4)$$

Формулу (3) можно использовать для приближенного и относительного прогноза энергетических затрат молота, необходимого для забивки штампа при устройстве ЛКСФ, когда сваи погружаются в грунт до выштамповывания траншеи, а формулу (4) – тоже, но при устройстве ЛКСФ, когда сваи забиваются в выштампованную траншею.

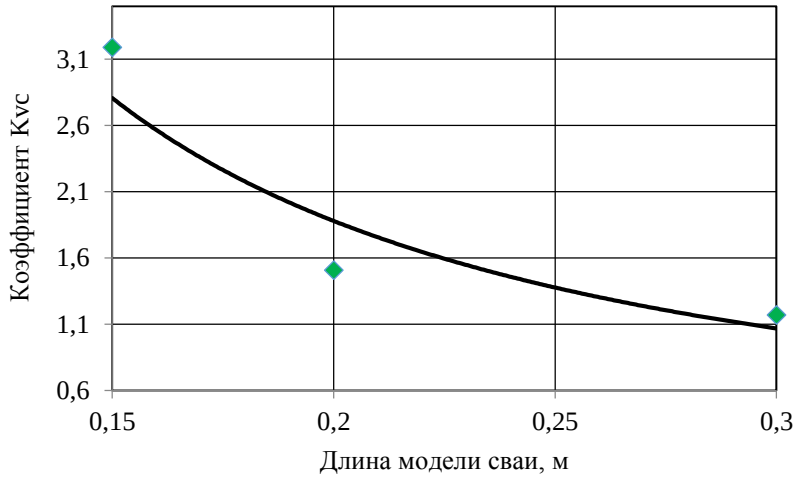


Рис. 7. Изменение коэффициента K_{vc} по мере увеличения длины модели свай

Заключение. Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1) Наличие отверстий в ленточном штампе, облегчает процесс выштамповывания траншеи в грунте и сопровождается некоторым выпором глинистого грунта в полость отверстий;

2) Сваи большей длины при одинаковых затратах энергии на их забивку погружаются на меньшую глубину;

3) Забивка свай через сквозные отверстия штампа, погруженного в грунт, является более энергоемким процессом, чем забивка свай вне штампа. Данный эффект более значимо проявляется при погружении свай малой длины;

4) Забивка штампа со сквозными отверстиями поверху свай, погруженных в грунт, сопровождается большими затратами энергии, чем, забивка штампа при отсутствии забитых свай. Причем эти затраты тем выше, чем больше длина свай;

5) Корреляционные зависимости (3) и (4) рекомендуется использовать для относительного прогноза энергетических затрат молота, необходимых для забивки штампа и свай, при устройстве ЛКСФ.

В заключении следует отметить, что наиболее энергозатратным является процесс устройства ЛКСФ, при котором забивка штампа для выштамповывания траншеи, производится после погружения свай.

Список литературы

1. Готман А.Л., Каранаев М.З. Исследование комбинированных свайных фундаментов на вертикальную нагрузку // Проблемы свайного фундаментостроения / Труды III международной конференции. – Пермь: Издательство ППИ, 1992. – Часть 1. – С.23-26.
2. Глушков И.В. Прогноз осадок комбинированных свайных фундаментов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. по

специальности 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» - Пермь, 2007. – 22 с.
3. Балобанов А.В., Гончаров Б.В., Готман А.Л. О динамическом контроле комбинированных свайных фундаментов / Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. – Пермь: РИО ПГТУ, 2000. – С.145-147.
4. Готман А.Л., Урманшина Н.Э. О численных исследованиях работы комбинированных свайных фундаментов на горизонтальную и моментную нагрузки / Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. – Пермь: РИО ПГТУ, 2000. – С.168-171.
5. Урманшина Н.Э. О результатах численных исследований комбинированных свайных фундаментов на горизонтальную нагрузку и момент / Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. – Пермь: РИО ПГТУ, 2000. – С.252-255.
6. Урмашина Н.Э., Мухаметзянов З.Р. Об исследовании значимости отдельных элементов комбинированного свайного фундамента // Вестник АО НИЦ «Строительство». – М., 2022. - №34 (3). – С.134-143. http://doi.orq/10.37538/2224-9494-2022-3(34)-134-143/.
7. Глушков И.В. Комбинированные свайные фундаменты повышенной несущей способности / Труды международной научно-практической конференции по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. – Пермь: РИО ПГТУ, 2004. – Том 1. – С.42-45.
8. Бартоломей А.А., Глушков И.В. Модельные исследования комбинированных фундаментов / Труды международной научно-практической конференции по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. – Пермь: РИО ПГТУ, 2004. – Том 1. – С.168-175.
9. Самофеев Н.С., Гареева З.А., Гареев Т.Р. Оценка возможности реализации комбинированных свайных фундаментов в проекте строительства производственного объекта в условиях города Ноябрьска Ямало-Ненецкого автономного округа // Науковедение / Интернет-журнал. – 2016. – Том 8. – №6. http:naukovedenie.ru/PDF/124TVN616.pdf.
10. Хабибуллин С.Ю., Хабибуллина Н.Н. Численные исследования оптимальных размеров комбинированных свайных фундаментов // Современные наукоемкие технологии / Научный журнал. – М.: Академия Естествознания, 2018. – №9. – С.120-125.
11. Бекбасаров И.И. Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения / Труды университета. – Караганда: Издательство КарГТУ, 2004. – С.85-88.
12. Бекбасаров И.И. О рациональных режимах приложения ударной нагрузки при вытрамбовывании котлованов // Исследования сейсмостойких сооружений и конструкций / Труды КазНИИССА. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2007. – Выпуск №22(32). – С.198-2002.
13. Бекбасаров И.И., Исаков Г.И. Способ устройства ленточного свайного фундамента. Описание изобретения к инновационному патенту РК № (19) KZ (13) A4 (11) 27764. – Астана: Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК, 2013. – бюл. №12. – 3 с.
14. Бекбасаров И.И., Исаков Г.И., Аманбай А. Оценка влияния свай и штампов на их погружаемость и несущую способность фундаментных конструкций. – Тараз, 2014. – Издательство «Тараз университеті», 2014. – 146 с.
15. Бекбасаров И.И. Исследование процесса забивки свай и штампов на моделях. – М.: ООО «Научно-издательский цент ИНФРА-М», 2021. – 194 с.
16. Бекбасаров И.И. Основы рационального вытрамбовывания котлованов под фундаменты. – М.: Электронно-библиотечная система Znanium.com, 2021. http:znanium.com/catalog/1243773.

17. Бекбасаров И.И., Байтемиров М.Н., Монтаева Х.А., Исаков Г.И. Влияние режима приложения ударной нагрузки на показатели уплотняемости суглинка // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении / Материалы международной научно-технической конференции. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015. – С.185-191.

Материал поступил в редакцию 24.04.24.

И.И. Бекбасаров[1], Е.И. Атенов[1], Н.А. Шаншабаев[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ТАСПАЛЫ АРАЛАС ҚАДАЛЫ ІРГЕТАС ОРНАТУ КЕЗІНДЕ ШТАМП ПЕН ҰЗЫНДЫҚТАРЫ ӘРТҮРЛІ ҚАДАЛАРДЫ ҚАҒУДЫҢ ЭНЕРГИЯ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ ТУРАЛЫ (МОДЕЛЬДІК ЗЕРТТЕУЛЕР)

Аңдатпа. Таспалы аралас қадалар іргетасын (бұдан әрі – ТАҚІ) орнату кезінде қадалар мен штамптарды қағудың энергия сыйымдылығын бағалау бойынша зертханалық эксперименттердің нәтижелері баяндалды. Зерттеулер қадалар мен таспалы штамп модельдерін қолдана отырып орындалды. Таспалы штампта саңылаулардың болуы себебінен топырақта траншеяны штамптау үрдісінің жеңілдейтіні және саңылау қуысына сазды топырақтың ығысып шығатыны анықталды. Бірдей энергия шығындарымен сипатталатын қағу кезінде ұзын қадалар аз тереңдікке батыратылатыны анықталды. Батырылған қаданы штамп саңылаулары арқылы қағу қаданы штампсыз қағуға қарағанда энергия шығынын көп қажет ететіндігі анықталды. Бұл әсер ұзындығы қысқа қадаларды батыру кезінде айтарлықтай байқалады. Қағылған қаданың үстінен саңылауы бар штамптарды қағу үрдісі қадасы жоқ штамптарды қағумен салыстырғанда энергия шығыны көп болатыны анықталды. Қаданың ұзындығы артқан сайын, бұл әсер де артатыны көрінеді. ТАҚІ орнату кезінде штамп пен қадаларды қағу үшін қажет энергия шығынын салыстырмалы түрде болжам жасау үшін пайдалануға ұсынылатын корреляциялық тәуелділіктер алынды. ТАҚІ орнатудың энергия сыйымдылығы бойынша ең тиімді тәсілі қада қағылғаннан кейін штамп қағу екені дәлелденді.

Тірек сөздер: аралас іргетас, топырақ, штамп, қада, траншея, қазаншұңқыр, қағу, штамптау, энергия, соққы, энергия сыйымдылығы.

I.I. Bekbasarov[1], Y.I. Atenov[1], N.A. Shanshabayev[1]

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

ON THE ENERGY INTENSITY OF HAMMERING A STAMP AND PILES OF DIFFERENT LENGTHS WHEN INSTALLING A COMBINED BELT PILE FOUNDATION (RESEARCH ON MODELS)

Abstract. The results of laboratory experiments on the assessment of the energy intensity of pile driving and stamping during the installation of a belt combined pile foundation (hereinafter referred to as BCPF) are presented. The research was carried out using models of piles and a tape stamp. It was found that the presence of holes in the tape stamp facilitates the process of stamping a trench in the ground and is accompanied by some discharge of clay soil into the cavity of the holes. It has been revealed that piles of longer length, with the same energy consumption for their driving, sink to a lower depth. It is determined that driving piles through holes of a stamp immersed in the ground is a more energy-intensive process than driving piles outside the stamp. This effect is more

significantly manifested when sinking piles of small length. It has been found that hammering a stamp with through holes on top of piles immersed in the ground is accompanied by greater energy consumption than hammering a stamp in the absence of driving piles. Moreover, these costs are higher the longer the length of the piles. Correlations have been obtained, which are recommended to be used for the relative prediction of the energy consumption of the hammer required for hammering the stamp and piles when installing the BCPF. It has been revealed that the most energy-efficient process is the BCPF installing, in which the stamp for stamping the trench is hammered after the piles are immersed.

Keywords: combined foundation, soil, stamp, pile, trench, excavation, driving, stamping, energy, impact, energy intensity.

References

1. Gotman A.L., Karanaev M.Z. Issledovaniye kombinirovannykh svaynykh fundamentov na vertikal'nuyu nagruzku [Study of combined pile foundations for vertical load] // Problemy svaynogo fundamentostroyeniya [Problems of pile foundation construction] / Proceedings of the III international conference. – Perm: PPI Publishing House, 1992. Part 1. P.23-26, [in Russian].
2. Glushkov I.V. Prognoz osadok kombinirovannykh svaynykh fundamentov [Forecast of settlement of combined pile foundations]. Abstract of the dissertation for the scientific degree of Ph.D. in specialty 05.23.02 “Bases and foundations, underground structures” - Perm, 2007. – 22 p., [in Russian].
3. Balobanov A.V., Goncharov B.V., Gotman A.L. O dinamicheskom kontrole kombinirovannykh svaynykh fundamentov [On dynamic control of combined pile foundations] / Trudy mezhdunarodnogo seminara po mekhanike gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnym sooruzheniyam [Proceedings of the international seminar on soil mechanics, foundation engineering and transport structures]. – Perm: RIO PSTU, 2000. P.145-147, [in Russian].
4. Gotman A.L., Urmanshina N.E. O chislennykh issledovaniyakh raboty kombinirovannykh svaynykh fundamentov na gorizontal'nuyu i momentnuyu nagruzki [On numerical studies of the operation of combined pile foundations under horizontal and moment loads] / Trudy mezhdunarodnogo seminara po mekhanike gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnym sooruzheniyam [Proceedings of the international seminar on soil mechanics, foundation engineering and transport structures]. – Perm: RIO PSTU, 2000. P.168-171, [in Russian].
5. Urmanshina N.E. O rezul'tatakh chislennykh issledovaniy kombinirovannykh svaynykh fundamentov na gorizontal'nuyu nagruzku i moment [On the results of numerical studies of combined pile foundations for horizontal load and moment] / Trudy mezhdunarodnogo seminara po mekhanike gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnym sooruzheniyam [Proceedings of the international seminar on soil mechanics, foundation engineering and transport structures]. – Perm: RIO PSTU, 2000. P.252-255, [in Russian].
6. Urmashina N.E., Mukhametzyanov Z.R. Ob issledovanii znachimosti otdel'nykh elementov kombinirovannogo svaynogo fundamenta [On the study of the significance of individual elements of a combined pile foundation] / Bulletin of JSC Scientific Research Center "Construction". – Moscow, 2022. No. 34 (3). P.134-143. http://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-3(34)-134-143/, [in Russian].
7. Glushkov I.V. Kombinirovannyye svaynyye fundamenty povyshennoy nesushchey sposobnosti [Combined pile foundations with increased bearing capacity] / Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam mekhaniki gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnomu stroitel'stvu [Proceedings of the international scientific and practical conference on problems of soil mechanics, foundation engineering and transport construction]. – Perm: RIO PSTU, 2004. Vol. 1. P.42-45, [in Russian].

8. Bartolomey A.A., Glushkov I.V. Model'nyye issledovaniya kombinirovannykh fundamentov [Model studies of combined foundations] / Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam mekhaniki gruntov, fundamentostroyeniyu i transportnomu stroitel'stvu [Proceedings of the international scientific and practical conference on problems of soil mechanics, foundation engineering and transport construction]. – Perm: RIO PSTU, 2004. Vol. 1. P.168-175, [in Russian].
9. Samofeev N.S., Gareeva Z.A., Gareev T.R. Otsenka vozmozhnosti realizatsii kombinirovannykh svaynykh fundamentov v proyekte stroitel'stva proizvodstvennogo ob"yekta v usloviyakh goroda Noyabr'ska Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Assessment of the possibility of implementing combined pile foundations in a project for the construction of a production facility in the conditions of the city of Noyabrsk, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug] // Naukovedeniye [Science] / Internet journal, 2016. Vol. 8. No. 6. http://naukovedenie.ru/PDF/124TVN616.pdf, [in Russian].
10. Khabibullin S.Yu., Khabibullina N.N. Chislennyye issledovaniya optimal'nykh razmerov kombinirovannykh svaynykh fundamentov [Numerical studies of the optimal dimensions of combined pile foundations] // Sovremennyye naukoyemkiye tekhnologii [Modern high-tech technologies] / Scientific journal. – Moscow: Academy of Natural Sciences, 2018. No. 9. P.120-125, [in Russian].
11. Bekbasarov I.I. Opredeleniye diametra uplotnennoy zony grunta, formiruyushcheysya vokrug vytrambovyvayemogo kotlovana neglubokogo zalozheniya [Determination of the diameter of the compacted soil zone formed around a compacted shallow pit] / Proceedings of the University. – Karaganda: Publishing House KSTU, 2004. P.85-88, [in Russian].
12. Bekbasarov I.I. O ratsional'nykh rezhimakh prilozheniya udarnoy nagruzki pri vytrambovyvanii kotlovanov [On rational modes of application of shock loads when ramming pits] // Issledovaniya seysmostoykikh sooruzheniy i konstruktsiy [Research of seismic-resistant structures and structures] / Proceedings of KazNIISSA. – Almaty: LEM Publishing House LLP, 2007. Issue No. 22(32). P.198-2002, [in Russian].
13. Bekbasarov I.I., Isakov G.I. Sposob ustroystva lentochnogo svaynogo fundamenta [Method of constructing a strip pile foundation]. Description of the invention to the innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. (19) KZ (13) A4 (11) 27764. - Astana: Committee on Intellectual Property Rights of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan, 2013. - Bulletin. No. 12. – 3 p., [in Russian].
14. Bekbasarov I.I., Isakov G.I., Amanbai A. Otsenka vliyaniya svay i shtampov na ikh pogruzhayemost' i nesushchuyu sposobnost' fundamentnykh konstruktsiy [Assessment of the influence of piles and stamps on their immersion and bearing capacity of foundation structures]. – Taraz, 2014. – Publishing house “Taraz University”, 2014. – 146 p., [in Russian].
15. Bekbasarov I.I. Issledovaniye protsessa zabivki svay i shtampov na modelyakh [Study of the process of driving piles and stamps on models]. – Moscow: LLC “Scientific Publishing Center INFRA-M”, 2021. – 194 p., [in Russian].
16. Bekbasarov I.I. Osnovy ratsional'nogo vytrambovyvaniya kotlovanov pod fundamenty [Basics of rational compaction of foundation pits]. – M.: Electronic library system Znanium.com, 2021. http://znanium.com/catalog/1243773, [in Russian].
17. Bekbasarov I.I., Baitemirov M.N., Montaeva Kh.A., Isakov G.I. Vliyaniye rezhima prilozheniya udarnoy nagruzki na pokazateli uplotnyayemosti suglinka [Influence of the mode of application of shock load on the compactability of loam] // Mekhanika gruntov v geotekhnike i fundamentostroyenii [Soil mechanics in geotechnics and foundation engineering] / Proceedings of the international scientific and technical conference. – Novocherkassk: SURGPU (NPI), 2015. P.185-191, [in Russian].

МРНТИ 67.09.45

А.А. Жумагулова[1] – *основной автор,*
Д.С. Дюсембинов[2], Е.Е. Сабитов[3],
А.М. Алшинбаева[4], А.А. Бакирбаева[5], Ж.А. Шахмов[6]

[1,2]Канд. техн. наук, и.о. доцента, [3]Канд. техн. наук, и.о. профессора,
[4]Заведующая лабораторией, [5]Докторант, [6]PhD, и.о. профессора

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-6310-2501 [2]https://orcid.org/0000-0001-6118-5238
[3]https://orcid.org/0000-0003-3784-8657 [4]https://orcid.org/0009-0005-6986-483X
[5]https://orcid.org/0000-0003-4885-1632 [6]https://orcid.org/0000-0003-1680-5287

[1,2,3,6]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[4]Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Астана, Казахстан
[5]Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, Караганда, Казахстан

@ *[1]zaaskarovna@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/VCZA6932

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ КАЗАХСТАНА

Аннотация. Развитие дорожной инфраструктуры обуславливает уровень экономического и социального развития страны. Научный подход авторов к изучению и решению качества дорожных покрытий предполагает улучшение свойств асфальтобетона путем модификации смеси. В данном исследовании анализируются различные виды модификаторов для асфальтобетона, используемого в строительстве дорожных покрытий в Казахстане. Выбор модификаторов проведен на основе экологического решения производства добавок на основе переработанного пластика, полимеров и резиновой крошки, полученной из отходов автомобильных шин. Особое внимание уделяется методам оценки свойств модифицированных смесей. Также проводится анализ результатов физико-механических испытаний различных образцов с модификаторами в лабораторных условиях. Выводы об условиях применения рассмотренных модификаторов получены на основании результатов исследования. В общем, статья подчеркивает важность применения модифицированного асфальтобетона для повышения безопасности и эффективности движения транспорта по дорогам Казахстана.

Ключевые слова: асфальтобетонные смеси, дорожное покрытие, модификатор, резиновая крошка, битум.

Жумагулова, А.А. Влияние модификаторов на свойства асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий Казахстана [Текст] / А.А. Жумагулова, Д.С. Дюсембинов, Е.Е. Сабитов, А.М. Алшинбаева, А.А. Бакирбаева, Ж.А. Шахмов // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.207-217. https://doi.org/10.55956/VCZA6932

Введение. Строительство асфальтобетонных дорог является важным компонентом развития транспортной инфраструктуры страны. Хорошо

развитая сеть дорог способствует экономическому росту, улучшению доступности к местам и повышению конкурентоспособности экономики в целом [1]. Асфальтобетонные дороги играют ключевую роль в развитии отдаленных и малонаселенных регионов Казахстана. Обеспечение доступности транспортной инфраструктуры в этих районах способствует экономическому и социальному развитию, помогая преодолевать проблемы изоляции и недостатка доступа к услугам. Качественные дороги ускоряют транспортные потоки, что способствует экономии времени и топлива. Несмотря на все достоинства применения асфальтобетонных дорог, их строительство сопряжено с рядом проблем, связанными с качеством сырьевых ресурсов и технологий, которые определяют дальнейшие физико-механические и технические характеристики дорожных покрытий. Нередко возникают проблемы из-за низкого качества строительства асфальтобетонных дорог, такие как неровности, неправильное уплотнение, неравномерное распределение материалов и другие дефекты, которые приводят к быстрому износу и сокращению срока службы дорожного покрытия. В регионах с экстремальными климатическими условиями, такими как сильные морозы зимой и высокие температуры летом, асфальтобетонные дороги сталкиваются с дополнительными вызовами. Это включает изменения объема материалов из-за температурных колебаний, появление трещин из-за замерзания и оттаивания, а также повышенный износ под воздействием агрессивных погодных условий. Отечественные ученые внесли значительный вклад в развитие и усовершенствование состава асфальтобетонного покрытия, представляя инновационные подходы и технологии [2,3]. Исследователями Института проблем горения было изучено влияние добавления резиновой крошки на процесс окисления вакуумного остатка и свойства получаемых резинобитумных вяжущих [4]. Полученное ими резинобитумное вяжущее характеризуется высокой эластичностью и низкой точкой Фрааса. Комплексный модуль сдвига образцов уменьшился с повышением температуры. Кратковременное старение привело к увеличению модуля сдвига для всех образцов. Совместные исследования зарубежных и отечественных ученых были посвящены возможности использования органических отходов, состоящих из жирных кислот, среднемолекулярных углеводородов и целлюлозы, для улучшения свойств битума [5]. Было установлено, что они могут быть применимы в качестве вязкотекучего агента, либо наполнителя.

В результате проведения обзора начных исследований зарубежных и казахстанских ученых в области дорожных материалов было установлено, что одной из основных проблем производимых дорожных покрытий является качество битумных вяжущих. Для повышения характеристик битума вводятся различные модификаторы. В зависимости от состава и способа введения в смесь модификаторы стабилизируют либо повышают определенные характеристики асфальтобетона.

Целью данной статьи является изучение влияния модификаторов на основе полимеров, переработанного пластика и резинового порошка на физико-механические показатели асфальтобетонной смеси. Выбранные модификаторы различаются между собой по технологии производства, составу и способу применению. Анализ зарегистрированных дорожно-строительных материлов в реестре новых технологий АО «КазДорНИИ» показал, что основными действующими компонентами представленных

модификаторов являются полимеры и продукты вторичной переработки (пластик, резиновая крошка).

Модифицированные резиновые компоненты помогают снизить температурную чувствительность асфальтобетона, увеличить его упругость и снизить вероятность образования трещин. Добавка модификаторов на основе переработанного пластика позволяет улучшить механические свойства асфальтобетонных смесей, такие как прочность, устойчивость к трещинам и износостойкость. Важным аспектом применения модификаторов на основе переработанного пластика является их технологическая совместимость с другими компонентами асфальтобетонных смесей. Полимерные добавки применяются для улучшения гибкости, прочности и устойчивости к трещинам асфальтобетонных смесей. Они способствуют улучшению сцепления асфальтобетона с направляющей. В данной статье представлены выводы экспериментальных исследований, касающиеся использования модификаторов, включающих активированный резиновый порошок, пластик и полимеры в составе асфальтобетонной смеси.

Условия и методы исследования. Для оценки эффективности применения модификаторов были изготовлены образцы асфальтобетона с добавками на основе резинового порошка (М1), переработанного пластика (М2) и полимеров (М3). Основные физико-механические показатели определялись в соответствии с требованиями национальных стандартов СТ РК 2373-2019, СТ РК 1218-2003 [6,7]. Испытания проводились в аккредитованной лаборатории АО «КазДорНИИ».

Для определения показателя водонасыщения образцы были помещены в сосуде с водой (t=20±2°C) в вакуумную установку. Испытание проводились в специальных условиях с соблюдением режима давления. После извлечения образцы взвешиваются в воде и на воздухе. За результат испытания принимается среднее значение трех определений. На рисунке 1 показано взвешивание образцов на воздухе для дальнейшего расчета водопоглощения.



Рис. 1. Взвешивание подготовленных образцов на воздухе

Для вычисления предела прочности при сжатии предварительно подготовленные образцы термостатируют при температуре 20±2°C и 50±2°C

в течение двух часов. Далее проводится испытание на гидравлическом прессе, показанном на рисунке 2. За результат испытания принимается среднее значение трех образцов.



Рис. 2. Определение предела прочности

Метод определения прочности при расколе образцов асфальтобетона, известный как метод разрушения при трехточечном изгибе (также называемый метод Маршалла), является одним из основных методов испытания для оценки прочностных характеристик асфальтобетонных смесей. Образец укладывается на две опоры, разнесенные на определенное расстояние друг от друга, и затем на него нагружается силой в середине образца. Испытание показано на рисунке 3.



Рис. 3. Испытание прочности при расколе

Это создает изгибающий момент, который вызывает разрушение образца. Результатом испытания принимается среднеарифметическое значение трех испытаний. Определение сдвигоустойчивости образцов асфальтобетона по методу Маршалла является одним из стандартных испытаний, проводимых для оценки характеристик асфальтобетонных смесей. Данный метод широко используется в дорожном строительстве и предоставляет ценную информацию о сдвигоустойчивости асфальтобетона, что позволяет инженерам и проектировщикам принимать решения о выборе оптимальных составов смесей и обеспечении долговечности дорожных покрытий.

Образцы асфальтобетона приготавливаются путем компактации смеси в стандартные цилиндрические формы при определенной температуре и влажности. После термической обработки образцы подвергаются нагрузке с помощью цилиндрического плунжера диаметром 50,8 мм и скоростью нагрузки 50,8 мм/мин. Нагрузка на образец увеличивается до тех пор, пока не произойдет разрушение или сдвиг. Нагружение образцов показано на рисунке 4.



Рис. 4. Проведение испытания на сдвигоустойчивость образцов

Итоговые показатели коэффициента внутреннего трения и сцепления при сдвиге расчитываются по итогам испытаний трех образцов.

Результаты исследований. Водонасыщение является важным показателем, поскольку оно может влиять на прочность и долговечность дорожного покрытия, особенно в условиях влажности и неблагоприятной среды. Результаты определения водонасыщения образцов асфальтобетона приведены на рисунке 5.

Полученные результаты свидетельствуют об одинаковом уровне водонасыщения всех образцов. Для анализа эффективности применения модификаторов следует провести анализ по другим проведенным испытаниям.

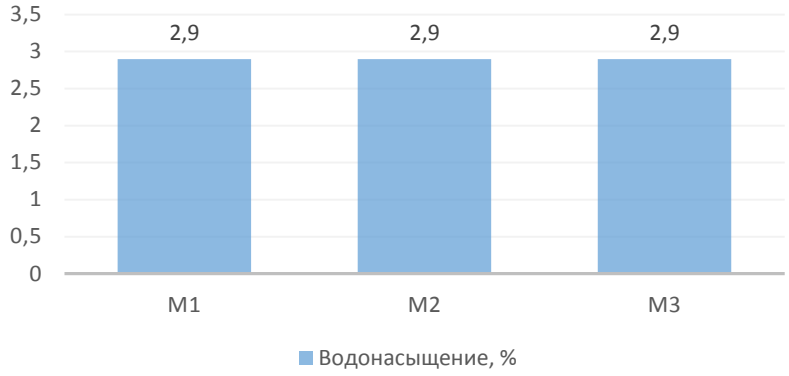


Рис. 5. Показатели водонасыщения образцов асфальтобетона

Показатель прочности при сжатии важен для оценки механических характеристик асфальтобетонного покрытия и его способности выдерживать нагрузки, такие как движение транспортных средств и нагрузки от окружающей среды. Результаты испытания приведены на рисунке 6.

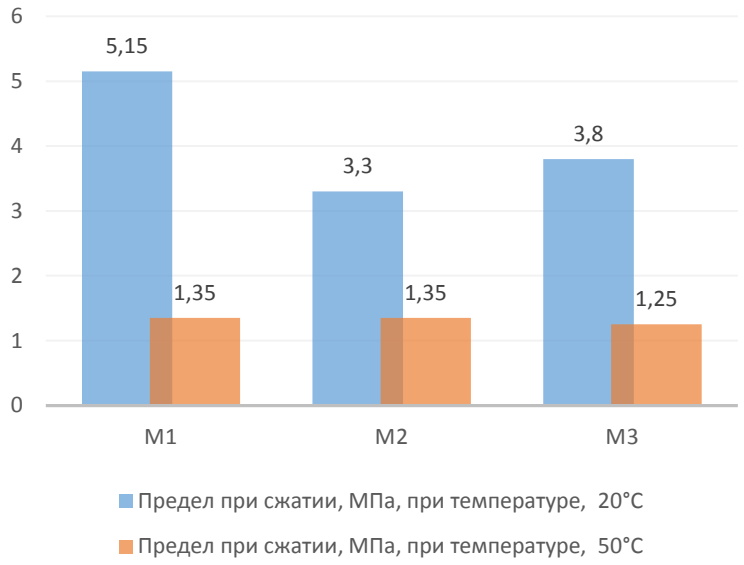


Рис. 6. Показатели прочности при сжатии образцов

Как следует из проведенных исследований, образцы с применением добавок на основе резинового порошка показали лучшие результаты по сравнению с образцами на основе переработанного пластика и полимера при t=20°C и t=50°C. Асфальтобетон с добавлением полимера показал прочность при сжатии выше, чем у образца с добавлением переработанного пластика при t=20°C. Однако при t=50°C значение получено ниже. Таким образом, при динамических нагрузках на дорожное покрытие асфальтобетон с применением резинового порошка более устойчив по сравнению с образцами на основе переработанного пластика и полимера. С свою очередь, модификатор на основе переработанного пластика показал большую эффективность, чем полимерная добавка. Полученные данные прочности при

расколе используются для оценки качества асфальтобетонной смеси, ее способности выдерживать нагрузки и предотвращать разрушение при изгибе. Результаты испытания приведены на рисунке 7.

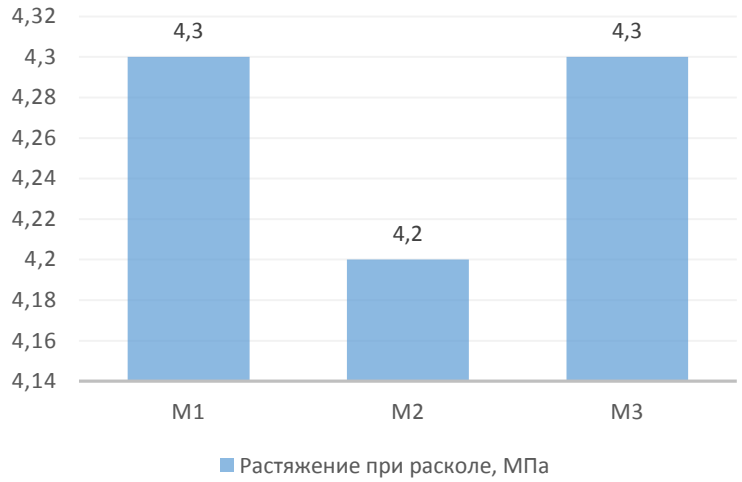


Рис. 7. Данные прочности образцов при расколе

Согласно полученным данным, образцы асфальтобетона, модифицированные добавками на основе резиновго порошка и полимера, одинаково работают на изгиб, показатели соответствуют требованиям нормативов. Образец с применением переработанного пластика показал прочность ниже, чем у М1 и М3, но тем не менее находится в пределах нормативных. Таким образом, все три образца показали достаточную эффективность использования их в асфальтобетоне по результатам данного испытания.

Исследование образцов на сдвигоустойчивость проводилось для оценки способности асфальтобетона сохранять свою форму и структуру при динамических нагрузках, таких как движение транспортных средств или тепловые расширения. Результаты показаны на рисунке 8.

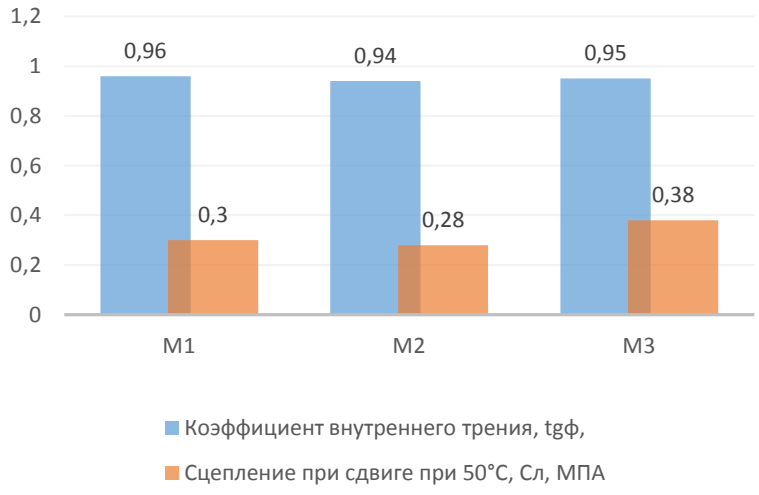


Рис. 8. Показатели сдвигоустойчивости образцов асфальтобетона

Образец М1 имеет высокий коэффициент внутреннего трения и среднее значение сцепления при сдвиге. Высокий tgφ указывает на хорошую внутреннюю сцепляемость частиц асфальтобетона, что может способствовать его стабильности и устойчивости при нагрузках. Однако относительно низкое значение сцепления при сдвиге может снижать общую эффективность сопротивления сдвигу. Образец М2 также характеризуется высоким коэффициентом внутреннего трения, что указывает на хорошую сцепляемость. Однако его значение сцепления при сдвиге ниже, чем у образца М1, что указывает на менее эффективное сопротивление сдвигу. Образец М3 имеет средний коэффициент внутреннего трения и самое высокое значение сцепления при сдвиге среди всех трех образцов. Это указывает на то, что он обладает хорошей способностью сопротивляться сдвигу при повышенной температуре.

Обсуждение научных результатов. Испытания асфальтобетона на водопоглощение, предел прочности при сжатии и расколе, а также определение сдвигоустойчивости являются важными процедурами, используемыми для оценки качества и характеристик асфальтобетонных материалов. Исследования проводились для оценки влияния модифицирующих добавок на основные показатели физико-технических свойств асфальтобетона. На основании полученных результатов можно заключить следующее:

1. Образец асфальтобетона с добавкой на основе резинового порошка (М1) обладает высокой прочностью при сжатии при нормальных температурных условиях (20°С), что обусловливает его выбор для использования в дорожных покрытиях в холодных климатических зонах. Однако его сниженная прочность при повышенных температурах (50°С) может привести к возможным проблемам при эксплуатации в жарких регионах. Возможной причиной может стать то, что при повышении температуры резиновые полимеры становятся менее вязкими и менее упругими, что приводит к их размягчению. Резиновая крошка становится более склонной к пластическим деформациям и менее устойчивой к сдвиговым нагрузкам.

2. Образец материала с добавлением модификатора из переработанного пластика (М2) обладает меньшей прочностью при сжатии по сравнению с М1, что может означать, что он предназначен для менее интенсивно нагруженных участков дорог или для применения в более мягких климатических условиях. Снижение прочности асфальтобетона может быть обусловлено ухудшением адгезии между битумом и минеральными заполнителями за счет изменения химического состава асфальтобетона. Данный показатель может нивелироваться контролем состава сырьевых компонентов модификатора. Тем не менее, показатель прочности при сжатии при температуре 50°С выше, чем у образца М3, и соответствует нормативному показателю СТ РК 2373 (не менее 1,0 МПа). В целом, эффективность пластиковой добавки в асфальтобетоне может зависеть от множества факторов, включая тип пластика, его концентрацию, способ добавления и процесс смешивания.

3. Модифицированный полимерной добавкой асфальтобетон (М3) обладает прочностью при сжатии, близкой к образцу М2, но имеет более высокое сцепление при сдвиге при повышенных температурах. Полимеры в составе асфальтобетона способствуют повышению адгезии битума с минеральной часть, обеспечивая более прочную и устойчивую связь.

Наиболее высокий показатель сдвигоустойчивости образца М3 по сравнению с другими двумя свидетельствует о положительном влиянии полимерных компонентов на структурообразование материала, улучшая его сопротивление к образованию трещин под воздействием повтряющихся нагрузок. Это может сделать асфальтобетон более подходящим для использования в регионах с высокими летними температурами, где важно обеспечить хорошую устойчивость покрытия при высоких нагрузках. При использовании данного модификатора необходимо учитывать требования проекта и условия эксплуатации.

Заключение. В контексте дорожного строительства, где долговечность, устойчивость к разрушениям и водопроницаемость играют ключевую роль, результаты испытаний указывают на потенциал использования добавок М1, М2 и М3 для улучшения качества асфальтобетона. Важно отметить, что хотя добавка на основе резиновой крошки продемонстрировала лучшие прочностные характеристики при испытаниях на сжатие при нормальной и повышенной температуре, модификаторы из переработанного пластика и полимера также проявили высокую трещиностойкость и устойчивость к деформации, что указывает на их потенциал в улучшении долговечности и надежности дорожных покрытий. Дополнительные исследования могут включать анализ влияния данных добавок на устойчивость к воздействию агрессивных сред, долговечность в условиях интенсивного транспортного движения и устойчивость к воздействию атмосферных условий. Также необходимо оценить экономическую целесообразность использования каждой из добавок с учетом их стоимости и потенциальных экологических выгод. В целом, результаты испытаний модификаторов асфальтобетона свидетельствуют об их потенциале для повышения качества асфальтобетонных смесей и улучшения характеристик дорожных покрытий. Однако для более полного понимания их эффективности и применимости необходимо дополнительное исследование и анализ в различных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Экономический курс Справедливого Казахстана». 2023. [?].
2. Teltayev B.B., Iskakbayev A.I., Abu B.D. Steady-state deformation of asphalt concrete // Construction and Building Materials, 2022. Vol. 349. P. 128754.
3. Aitkaliyeva G.S., Yelubay M.A., Ismailova A.B., Yerzhanova D.S., Massakbayeva S.R. Polymeric modifiers for bituminous binders // Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction, 2022. Vol. 83, No. 1. P. 98-106.
4. Zhambolova A., Ongarbayev Y., Tileuberdi Y., Teltayev B. Oxidation of Vacuum Residue with the Addition of Crumb Rubber // Eurasian Chemico-Technological Journal, 2022. Vol. 24, No. 1. P. 21-32.
5. Caputo P., Porto M., Loise V., Abe A., Teltayev B., Calandra P., Rossi C.O. How Organic Waste Improves Bitumen’s Characteristics // Eurasian Chemico-Technological Journal, 2021. Vol. 23. No. 3. P. 227-233.
6. СТ РК 2373-2019. Смеси щебеночно-мастичные полимерасфальтобетонные дорожные, аэродромные и щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон. Технические условия [Текст]. – Введ. 2019-09-27. – Нур-Султан: Госстандарт, 2019. – 13 с.
7. СТ РК 1218-2003. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2005-01-01. – Астана: Госстандарт, 2004. – 60 с.

Материал поступил в редакцию 24.04.24.

А.А. Жумагулова[1], Д.С. Дюсембинов[1], Е.Е. Сабитов[1], А.М. Алшинбаева[2], А.А. Бакирбаева[3], Ж.А. Шахмов[1]

[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., Қазақстан
[3]А. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

МОДИФИКАТОРЛАРДЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖОЛ ЖАБЫНДАРЫ ҮШІН АСФАЛЬТБЕТОН ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Жол инфрақұрылымының дамуы елдің экономикалық және әлеуметтік даму деңгейін анықтайды. Авторлардың ғылыми көзқарасы жол жабындарының сапасын зерттеуге және шешуге қоспаны өзгерту арқылы асфальтбетонның қасиеттерін жақсартуды көздейді. Бұл зерттеуде Қазақстанда жол жабындарын салуда қолданылатын асфальтбетонға арналған модификаторлардың әртүрлі түрлері талданады. Модификаторларды таңдау автомобиль шиналарының қалдықтарынан алынған қайта өңделген резеңке үгіндісі, пластик және полимерлер негізінде қоспалар өндірісінің экологиялық шешімі негізінде жүзеге асырылады. Модификацияланған қоспалардың қасиеттерін бағалау әдістеріне ерекше назар аударылады. Сондай-ақ, зертханалық жағдайда модификаторлары бар әртүрлі үлгілердің физика-механикалық сынақтарының нәтижелеріне талдау жасалады. Қарастырылған модификаторларды қолдану шарттары туралы қорытындылар зерттеу нәтижелері негізінде алынды. Жалпы, мақала Қазақстан жолдарында көлік қозғалысының қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыру үшін модификацияланған асфальтбетонды қолданудың маңыздылығын атап көрсетеді.

Тірек сөздер: асфальтбетон қоспалары, жол жабыны, модификатор, резеңке үгіндісі, битум.

A.A. Zhumagulova[1], D.S. Dyussembinov[1], E.E. Sabitov[1], A.M. Alshinbayeva[2], A.A. Bakirbayeva[3], Zh.A. Shakhmov[1]

[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2]Kazakhstan Road Research Institute, Astana, Kazakhstan
[3]A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

INFLUENCE OF MODIFIERS ON THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES FOR ROAD PAVEMENTS IN KAZAKHSTAN

Abstract. The development of road infrastructure determines the level of economic and social development of the country. The authors' scientific approach to studying and solving the quality of road surfaces involves improving the properties of asphalt concrete by modifying the mixture. This study analyzes different types of modifiers for asphalt concrete used in the construction of road pavements in Kazakhstan. The choice of modifiers was made on the basis of an environmentally friendly solution for the production of additives based on recycled plastic, polymers and crumb rubber obtained from waste car tires. Particular attention is paid to methods for assessing the properties of modified mixtures. An analysis of the results of physical and mechanical tests of various samples with modifiers in laboratory conditions is also carried out. Conclusions about the conditions for using the considered modifiers were obtained based on the results of the study. In general, the article emphasizes the importance of using modified asphalt concrete to improve the safety and efficiency of traffic on the roads of Kazakhstan.

Keywords: asphalt concrete mixtures, road pavement, modifier, crumb rubber, bitumen.

References

1. Poslaniye Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokayeva narodu Kazakhstana «Ekonomicheskiy kurs Spravedlivogo Kazakhstana» [Message from the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan “Economic course of a Just Kazakhstan”], 2023, [in Russian].
2. Teltayev B.B., Iskakbayev A.I., Abu B.D. Steady-state deformation of asphalt concrete // Construction and Building Materials, 2022. Vol. 349. P. 128754.
3. Aitkaliyeva G.S., Yelubay M.A., Ismailova A.B., Yerzhanova D.S., Massakbayeva S.R. Polymeric modifiers for bituminous binders // Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction, 2022. Vol. 83, No. 1. P. 98-106.
4. Zhambolova A., Ongarbayev Y., Tileuberdi Y., Teltayev B. Oxidation of Vacuum Residue with the Addition of Crumb Rubber // Eurasian Chemico-Technological Journal, 2022. Vol. 24, No. 1. P. 21-32.
5. Caputo P., Porto M., Loise V., Abe A., Teltayev B., Calandra P., Rossi C.O. How Organic Waste Improves Bitumen’s Characteristics // Eurasian Chemico-Technological Journal, 2021. Vol. 23. No. 3. P. 227-233.
6. ST RK 2373-2019. Smesi shchebenochno-mastichnyye polimerasfal'tobetonnyye dorozhnyye, aerodromnyye i shchebenochno-mastichnyy polimerasfal'tobeton. Tekhnicheskiye usloviya [Mixtures of crushed stone-mastic polymer-asphalt concrete for road, airfield and crushed stone-mastic polymer-asphalt concrete]. – Introduced. 2019-09-27. – Nur-Sultan: Gosstandart, 2019. – 13 p., [in Russian].
7. ST RK 1218-2003. Materialy na osnove organicheskikh vyazhushchikh dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytaniy [Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods]. – Introduced. 2005-01-01. – Astana: Gosstandart, 2004. – 60 p., [in Russian].

ҒТАМР 67.11.31

Д.Ж. Артықбаев[1] – *негізгі автор*,
А.Қ. Жусипбеков[2], Қ.С. Досалиев[3]

[1]PhD, аға оқытушы, [2]Аға оқытушы, [3]PhD, доцент

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0003-4794-8707 [2]https://orcid.org/0009-0001-4123-8395 [3]https://orcid.org/0000-0002-5423-9231*

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

@ *[1]artykbaev_d@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SMPY2332

ТҰРҒЫН ҮЙ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЗАМАНАУИ МАТЕРИАЛДАР МЕН КОНСТРУКЦИЯЛАР

Аңдатпа. Мақалада қазіргі заманғы дамуды ескере отырып, құрылыстың климаттық аймағына қарамастан, жаппай тұрғын үй құрылысында әмбебап энергия тиімді инженерлік және технологиялық шешімдерді қолдану мүмкіндігі қарастырылады. Мақалада қазіргі заманғы тұрғын үй құрылысында қолданылатын құрылыс технологияларының жетілдірілуі қарастырылып қана қоймай, сонымен қатар энергияны үнемдейтін материалдар мен конструкцияларға шолу жасалады. Зерттеудің мақсаты инновациялық технологиялар мен материалдарды пайдалана отырып, тұрғын үй құрылысына энергия тиімді шешімдерді енгізуге ұмтылыс. Теориялық материалдардан басқа, әртүрлі инженерлік-техникалық шешімдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін нақты көрсететін практикалық есептеулер ұсынылады.

Тірек сөздер: энергия тиімділігі, тұрғын үй құрылысы, заманауи құрылыс материалдары, темірбетон конструкциялары.

Артықбаев, Д.Ж. Тұрғын үй құрылысында қолданылатын заманауи материалдар мен конструкциялар [Мәтін] / Д.Ж. Артықбаев, А.Қ. Жусипбеков, Қ.С. Досалиев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.218-227. https://doi.org/10.55956/SMPY2332

Кіріспе. Қазіргі уақытта инновациялық технологиялар мен инженерлік жетістіктер қоғамның күнделікті өмірінің барлық салаларына белсенді түрде енгізілуде. Осыған байланысты жобалау және құрылыс саласы ешқандай жағдайда ерекшелік емес. Құрылыста, сондай-ақ тұрғын үйде энергия үнемдеу мен энергия тиімділігін дамыту-коммуналдық шаруашылықты әр елдегі басымдықтардың бірі ретінде қарастыруға болады. Қазақстан мен Еуропаның жетекші елдерінің құрылыс саласында энергияны тиімді және ұтымды пайдалану және жаңартылатын энергия көздерін неғұрлым белсенді пайдалану, парниктік газдар шығарындыларын азайту маңызды шара болып саналады.

Бұл саладағы ақылға қонымды мемлекеттік саясат жалпы өмір сапасын жақсартатыны сөзсіз. Заманауи құрылыс материалдары сәулетшілер мен дизайнерлерге көптеген стандартты емес шығармашылық шешімдерді

қолдануға мүмкіндік береді; жобаны іске асыру үшін қажет кез келген құрылыс жобасына қатысты пайдалану және монтаждау технологиясын меңгерген құрылыс инженерлерімен бірлесіп идеяларды іс жүзінде жүзеге асыру [1].

Алдын ала дайындалған темірбетон панельдерін қолданатын үй құрылысы технологиясы құрылыстың максималды жылдамдығын қамтамасыз етеді. Бұл оған дәстүрлі құрылыс технологияларынан артықшылық береді.

Кеңес Одағында бұл технология кеңінен қолданылды. Жер учаскелері мен несиелер алу тұрғысынан мемлекет құрылысының осы түріне берілетін преференциялар әлеуметтік тұрғын үйге деген өткір қажеттіліктерді қанағаттандыруға мүмкіндік берді [2].

Экономиканы басқарудың әкімшілік-командалық жүйесінің арқасында тұрғын үйдің 90% дейін қалалар құрама темірбетон өндірісінің технологияларын қолдана отырып салынды. Алайда, алдын-ала дайындалған панельдердің жоғары технологиялылығына қарамастан, мұндай ғимараттардың архитектуралық келбеті мен қалалық ортаны эстетикалық жағымды деп санауға болмайды. Батыс Еуропада олар 20 ғасырдың аяғында қала тұрғындары үшін тиісті тұрғын үй жағдайларын қамтамасыз ету мәселесін шеше бастады.

Тұрғын үйге қол жетімділіктің өткір мәселесі шешілген кезде, атап айтқанда, 1980 жылдары, темірбетон өндірісінің технологияларын қолдана отырып, өнеркәсіптік жолмен салынған ғимараттарды бұзу және қайта құру басталды. Алайда, 1960 жылдары Еуропада физикалық тозу емес, моральдық ескіру қалалық аудандарды қайта құруға себеп болды. Осыған байланысты келесі жағдайларды қарастыруға болады: тұрғын үйлерді пайдалану кезінде энергияны үнемдеуге қойылатын талаптарды қатаңдату, жоғары сапалы қалалық ортаға жаппай төлемге қабілетті сұраныстың пайда болуы, белгілі бір жобалық параметрлер мен пайдалану шарттары асып кеткен жағдайда денсаулық пен әлеуметтік қатынастарға зиян келтіретін тығыздығы жоғары көп қабатты тұрғын үйлердегі өмірді зерттеу [3].

Экономикалық жағдайға байланысты белгілі бір елде немесе қалада қайта құрудың екі тәсілі қолданылды. Бірінші тәсіл құрама ғимараттарды толық немесе ішінара бұзуды, содан кейін тазартылған жерлерде жаңа ғимараттар салуды көздейді. Екінші тәсіл – 1960 жылдары салынған ғимараттардағы тірек құрылымдарын толық немесе ішінара сақтау, бірақ ғимараттың сыртқы түрін өзгерту.

Тұрғын үй қорын жаңғырту, энергияны үнемдеу және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану үшін әртүрлі елдердің билігі тозығы жеткен тұрғын үйлерді жаңғырту бойынша Мемлекеттік бағдарламалар әзірледі. Бұл бағдарламалар ұзақ мерзімді іске асыруға арналған. Аудан тұрғындарының бірлігі тұрғын үй жағдайын жақсартуға ғана емес, сонымен бірге әлеуметтік жағдайды жақсартуға бағытталған шараларды белгілейді. Зерттеу әртүрлі климаттық аймақтарда орналасқан қарастырылып отырған қалаларда тұрғын үй салу тәжірибесін қарастырды [4].

Тұрғын үйлерді (құрама, монолитті немесе аралас) салу кезінде заманауи құрылыс материалдарын пайдалану тірек және қоршау құрылымдарының техникалық сипаттамаларын едәуір жақсартып қана қоймай, сонымен қатар Еуропалық стандарттарға сәйкес қоршаған ортаға қамқорлық жасауға мүмкіндік береді. 2-5 қабатты ғимараттарға және жаңа құрылыс нысандарына жаңа тұрғын үй кеңістігін қосу арқылы, мысалы, қолданыстағы ғимараттардың арасына салынған секция немесе бекітілген секциялар арқылы ауданды

пайдалануды арттыруға болады. Толықтырулар мен енгізілетін секциялар есебінен тұрғын үй қорының ұлғаюы 25% - дан аспауға тиіс. Бір жағынан, бұл сатылатын жаңа пәтерлердің жеткілікті санын қамтамасыз етеді. Ал екінші жағынан, мұндай толықтырулар мен енгізілген бөлімдер қолданыстағы әлеуметтік және инженерлік инфрақұрылымға айтарлықтай әсер етпейді. Табыс қалдығы және шығындар сәттілік критерийі ретінде қызмет етеді [5].

Жаңа құрылысқа қосымша, орта қабатты тұрғын үйлерде орындалатын жөндеу және жөндеу жұмыстары мыналарды қамтуы керек:

– баспалдақ торларына іргелес лифтілер мен кіреберістерді қамтамасыз ету;

– қолданыстағы ғимараттарға қосылу үшін металл тіректерге оқшауланған балкондарды қосу, бұл әдетте типтік тұрғын үй серияларында қарастырылмаған;

– ұтқырлығы шектеулі адамдар үшін жеке кіреберістері бар пәтерлерді жайластыра отырып, бірінші қабаттарды қайта жабдықтау;

– балаларға арналған төбесінде ойын алаңдары, спорт алаңдары және ересектерге арналған демалыс аймақтары бар бірінші қабаттарға іргелес бір қабатты жабық автотұрақтарды жайластыру;

– түрлендірілген бірінші қабаттарда тұрғындарға қойма үй-жайларын бөлу;

– қасбеттерді оқшаулау және әрлеу;

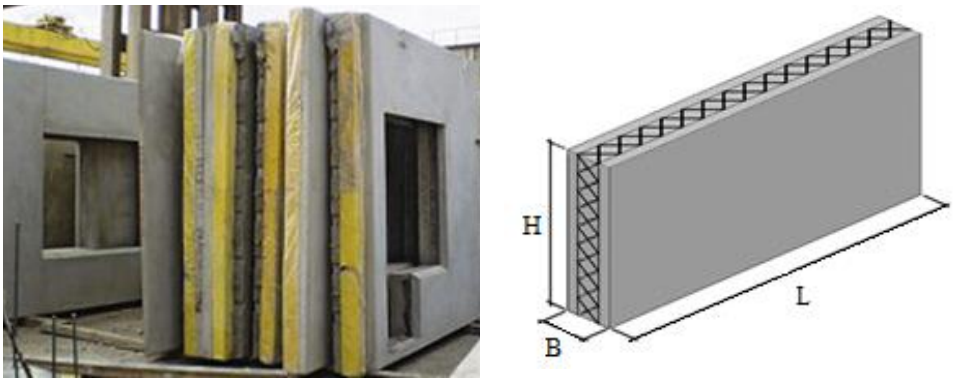
– ғимараттың сыртқы ойықтарының жылу оқшаулауын ауыстыру;

– үйішілік коммуникациялар мен жабдықтарды ауыстыру, жөндеу [6].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Инженерлік коммуникациялар мен конструктивтік ерекшеліктерді заманауи энергиялық тиімді материалдар мен технологияларды: ауаны баптау, жылу оқшаулау, энергия және су үнемдеу жабдықтарын пайдалана отырып жақсартуға болады. Суық климаты бар елдерде тұрғын үйлерді жаңғырту энергия тиімділігін арттыруды, яғни микроклиматты бақылауды қамтамасыз ету арқылы жылытуға, сумен жабдықтауға және электрмен жабдықтауға, энергия тұтынуды азайтуға бағытталған заманауи инженерлік технологияларды пайдалануды көздейді. Жақсы ғимараттың сәндік элементтері ретінде қызмет ететін парапеттерге күн панельдерін орнату. Қасбет және тұрғын үйді қосымша энергиямен қамтамасыз ету [7]. Көпқабатты үйде жеке энергия есептегіштері бар радиаторларды орнату шығындарды дәл бөлуге және ғимараттың энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін ыңғайлы жүйені қамтамасыз етеді. Артық жылуға келетін болсақ, мәселені кіріктірілген балкондар, сарайлар және т.б. сияқты күннен қорғайтын құрылымдарды орнату, сондай-ақ желдету жабдықтарын орнату арқылы шешуге болады. Пәтерлерден шығатын жылу және пассивті күн сәулелері реттелетін желдету жүйесі арқылы шығарылуы мүмкін және технологиялық жүйенің элементіне біріктірілген. Энергия тиімділігін арттыру мақсатында ғимараттарды қайта құрудың ұлттық стратегиясы туралы Еуропалық құжаттарға сәйкес, энергия тиімділігінің белгілі бір кластарындағы ғимараттар жылуды қалпына келтіретін желдету жүйелерін орнатуды талап етеді [8].

Осыған байланысты тұрғын үйлерді құрастыру үшін қолданылатын үлкен панельді, монолитті және тас құрылыс технологиялары үлкен қызығушылық тудырады. Бұл технологиялар құрылысты механикаландыруға және жаңа құрылыс материалдарының пайда болуына арналған тірек құрылғыларын жасағаннан кейін пайда болды.

Әдетте, сыртқы қабырғалар ішкі жүк көтергіш қабырғаларға немесе еденде рге тірелген темірбетоннан жасалған үш қабатты панельдерден тұрғызылады. Панельдің ішкі жүк көтергіш қабаты ауыр бетоннан (қалыңдығы кемінде 100 мм), ал сыртқы қабаты жеңіл немесе ауыр бетоннан (қалыңдығы кемінде 50 мм) жасалған, оның беті қасбеттің архитектуралық дизайнына сәйкес келеді. Панельдің ортасында тиімді оқшаулағыш материал қабаты бар, қалыңдығы шамамен 150-180 мм темірбетоны 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Үш қабатты темірбетон панельдері

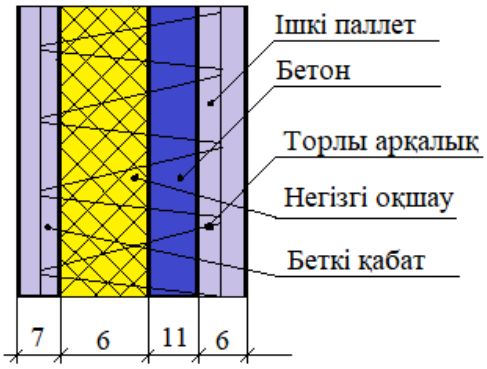
Модульдік жүйелердің икемділігі ғимараттың морфогенетикалық көлеміне енгізілген әр түрлі өзгерістермен бірге эстетикалық тұрғыдан ерекшеленетін құрылымдық шешімдермен әр жоба үшін жеке архитектуралық көрініс жасауға мүмкіндік береді [9].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қысқы жылу оқшаулау талаптары өте төмен жылу өткізгіштігі бар кірпішпен біріктірілген бір қабатты қабырға қалауымен орындалуы мүмкін. Бұрын кірпіштер арасындағы тігістер қалыңдығы 1-1,2 см болатын. қазіргі уақытта ішкі қабықшалар үшін қалыңдығы 1-3 мм жұқа түйіспелі қосылыстар жиі қолданылады. Мұндай бірлескен дизайн бірқатар артықшылықтарға ие: қабырғаның жоғары көтергіштігі, ғимараттың құрылымына ылғалдың енуіне төзімділігі және жақсы жылу оқшаулау қасиеттері.

Екі қабатты құрылымдарда ішкі және сыртқы қабықтар арасындағы қашықтық шамамен 15-20 см құрайды. Олардың арасындағы кеңістік жылу оқшаулауымен толтырылған. Көптеген жағдайларда ауа қабаты кем дегенде қалыңдығы 4 см, бұл құрылымның ішінде ауаның айналуына мүмкіндік береді және осылайша минимумға дейін төмендейді ылғалдың ықтимал зақымдануы. Сондай-ақ, ауа қабатының бойында қатты жаңбырдан ылғалдың түсуінен дегидратация немесе дренаж қамтамасыз етілуі мүмкін. Әдетте минералды немесе тас жүн жылу оқшаулау материалы ретінде қолданылады. Бұл материал ықтимал жылу көпірлерін болдырмау үшін жиі екі қабатқа орналастырылады [10].

Егер ауа қабаты жоспарланбаса, жылу оқшаулауының қалыңдығы ағымдағы техникалық шектеулерге сәйкес 20 см-ге дейін болуы мүмкін. Екі тас қабық тот баспайтын сым якорьмен (5-7 якорь/м^2) қосылады. Қалыңдығы 4-6 мм. аралықта жылу оқшаулау үшін жаңартылатын шикізатты пайдалану бойынша күш-жігер күшейе түсті. Қазіргі уақытта осы мақсатта әртүрлі зерттеулер жүргізілуде, сонымен қатар материалдың ұзақ мерзімді беріктігін зерттеу керек [11]. Целлюлоза, қарасора, зығыр және ағаш ұнтақтарын жылу

оқшаулауға арналған балама материалдар деп атауға болады. 2-суретте негізде екі қабатты сыртқы қабырға көрсетілген. Бұл жерде жаңбырдың әсерінен, қабырғаға шашыраған судан және ылғалдың енуінен қорғайтын тосқауыл қою өте маңызды [12].



Сурет 2. Екі қабатты сыртқы қабырға

Осындай сыртқы қабырға конструкцияларымен байланысты, өрттердің салдарынан жанғыш жылу оқшаулауын пайдалану кезінде кейбір мәселелер айқын болды. Көп жағдайда қолданылатын сылақ өрттің таралуына жол бермейді. Мұндай оқиғалардың алдын алу үшін белгілі бір уақыт аралығында минералды немесе тас жүннен өрт тосқауылдарын орнату керек немесе барлық жылу оқшаулау жанбайтын болуы керек. Сонымен қатар, мұндай сыртқы қабырға құрылымдары қайта өңдеу қиын болуы мүмкін [13]. Қазіргі уақытта бұл мәселе бірнеше ғылыми жобаларда қарастырылуда. Сыртқы қабырғалардың мұндай сындарлы шешімі Қазақстанда көп қабатты монолитті ғимараттарды салу кезінде жиі қолданылады (2 суретте көрсетілген). Осындай сыртқы қабырға конструкцияларымен байланысты соңғы өрттердің салдарынан жанғыш жылу оқшаулауын пайдалану кезінде кейбір мәселелер айқын болды. Көп жағдайда қолданылатын сылақ өрттің таралуына жол бермейді.

Қазақстанда төбелік плиталар конструкциялар әдетте темірбетоннан жасалады. Олар жақсы отқа төзімді және дыбыс өткізбейтін қасиеттерімен сипатталады. Ағаш арқалықтары бар төбелер сирек қолданылады. Екі қабатты сыртқы қабырға негізінен бір отбасылық шағын үйлерде қолданылады. Тұрғын үй құрылысында жүктемені беру үшін болат арқалықтары бар конструкциялар өте сирек қолданылады.

Бетон төбелер үшін бетон ерітінділерін қолдануға болады. Бұл жағдайда төменгі және жоғарғы арматура (қатты плиталар үшін) құрылыс алаңында дайындалған қатты тегіс қалыптарға орналастырылады. Содан кейін бетон орнына қойылады. Экономикалық тиімділікке байланысты еден плиталары көбінесе бетон қосылған дайын темірбетон плиталары ретінде жобаланады. Бұл жағдайда төменгі арматурасы бар (қалыңдығы шамамен 5-7 см) құрама тақта құрама зауытта жасалады. Бұл плиталардың беті адгезияны қамтамасыз ету үшін өрескел немесе профильді түрлерін қолданылады. Құрылыс алаңында еден плиталары үздіксіз қалыптауды қажет етпейді. Олар тек ағаш тіректерді қажет етеді (3-сурет). Үстіңгі бекіткіш арматура төбелік плиталарға қойылады, содан кейін бетон үстіңгі қабат ретінде орнына қойылады [15].



Сурет 3. Монолитті бетон қосылған құрама бетон төбесі

Бұл жүйені темірбетоннан жасалған үлкен негізгі және қосалқы арқалықтармен біріктіруге болады (3-сурет). Бұл жағдайда арқалықтар толығымен қалыпқа келтіріліп, күшейтіліп, жоғарыда сипатталғандай құрама бетон плитасы жасалады. Тегіс және көлбеу шатырларды тұрғын үйлер үшін пайдалануға болады. Тегіс шатырға келетін болсақ, әдетте желдетілмеген шатырлар қолданылады [9].

Желдетілмеген тегіс шатырдың төбенің сыртында бу тосқауылы бар және (әдетте темірбетоннан жасалған) ғимараттан ылғалдың оқшаулауға енуіне жол бермейді. Содан кейін жылу оқшаулағышы жабыстырылады. Бу қысымын және соңғы тығыздағышты теңестіру үшін үстіңгі қабат орнатылады. Әдетте оқшаулау қабатына қолданылатын беттік қорғаныс (бетон плиталары, қиыршық тас төсемі, полимер-битум мембраналарының жоғарғы қабаты және т.б.) температураның ауытқуын басады. Механикалық зақымданудан немесе ультракүлгін сәулеленуден қосымша қорғауды қамтамасыз ете отырып, шатырды гидрооқшаулаудың қызмет ету мерзімін ұзартады [14]. Соңғы жылдары табиғатты қалалық жерлерге көбірек біріктіретін жасыл шатырларды пайдалану үрдісі байқалды.

Бұл мақалада қалалардың архитектуралық-жоспарлау құрылымын сақтау және дамыту бойынша бірқатар маңызды міндеттерді шешуге мүмкіндік беретін бірқатар инженерлік және технологиялық мәселелер қарастырылды: тұрғын үйлерді тұрғызу мен құрастырудың базалық технологияларын, заманауи энергия тиімді материалдарды, сондай-ақ инновациялық конструктивтік шешімдерді дұрыс қолдану. Жергілікті құрылыс материалдарын, жеңіл конструкцияларды және жаңа отандық технологияларды кеңінен қолдануға негізделген әдістер мен технологияларға ерекше назар аударылды. [7].

Бетон қоспасын тар жағдайда беру үшін мұнара бағандарына орнатылған тарату штангаларын пайдалану монолитті және құрама темірбетон құрылысы инновациялық үрдіс болып табылады. Бетон қоспасы бетон сорғыларымен құбыр арқылы тарату штангаларына айдалады. Автоматтандыру және болашақта жылжымалы қалыптау әдісімен монолитті ғимараттар салу кезінде бетон қоспасын беру мен таратуды роботтандырылған автоматтандыру мәселесі өте өзекті.

Қолданыстағы қалалық ортада ғимараттарды тұрғызу кезінде қаланың сәулеттік-жоспарлау құрылымын сақтауға және дамытуға тікелей оң әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ тұрғын үй құрылысының әртүрлі технологияларын дұрыс таңдау және қолдану өте маңызды.

Тұрғын үй қорын жаңарту, энергияны үнемдеу және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мақсатында әлемнің барлық астаналарының билігін

құрылыс Кеңесінің мүше елдері қалалық даму бағдарламасын іске қосты. Бұл бағдарлама ұзақ мерзімді перспективаға арналған және ескі тұрғын үй қорын қалпына келтіруге және тарихи ескерткіштерді сақтауға ғана емес, сонымен қатар өмір сүру жағдайларын жақсартуға және азаматтар арасындағы қоғамдастық сезімін арттыруға бағытталған [10].

Жасыл стандарттар құрылысқа тұрақты көзқарасты реттеуге, бағалауға бағытталған ғимараттардың негізгі принциптерге сәйкестік дәрежесін және дәстүрліден көшуді жеделдету тұрақты тәжірибеге ғимараттар мен құрылыс технологияларын жобалауға бағытталған. Тұрақты құрылыстың негізгі принциптері:

– тұрғындардың денсаулығы мен әл-ауқатын қамтамасыз ететін жағдайлар жасау;

– қоршаған ортаға теріс әсерді азайту немесе жою;

– болашақ ұрпақтың ықтимал мүдделерін ескеру.

Соңғы онжылдықтарда әлемдегі экологиялық жағдай айтарлықтай өзгерді . Табиғи апаттардың үнемі өршуі адамзатты CO2 шығарындыларын азайту және өндіріс процесінде табиғи материалдарды минималды қалдықтармен пайдалануға бағытталған техникалық шешімдерді әзірлеу қажеттілігі туралы ойлануға мәжбүр етеді. Экологиялық таза ағаш және оның негізіндегі материалдар осындай табиғи құрылыс материалдары болып саналады.

Полимерлі материалдар да қызығушылық тудырады, әсіресе олардың техникалық және физикалық-механикалық қасиеттері. Бұл материалдардың әртүрлі өндіріс әдістерімен өзгертілген қасиеттерінің кең ауқымы болашақта ғылыми және техникалық шешімдерге көптеген мүмкіндіктер ашады. Металл және темірбетон конструкцияларынан жасалған геодезиялық күмбездерді жобалау шешімдері қазіргі тәжірибеде кеңінен қолданылады. Геодезиялық күмбездерді салу кезінде ағаш пен полимерлі материалдардың үйлесуі барлық салаларда өте тиімді деп санаймыз: инженерлік, қаржылық, экономикалық, энергетикалық және тіпті экологиялық.

Қорытынды. Біздің басты мақсатымыз тұрғын үй құрылысында қолданылатын материалдар мен технологияларға нақты құрылыс алаңдарының мысалдарымен салыстырмалы талдау жүргізу болды. Энергияны үнемдейтін материалдармен, заманауи құрылымдармен және тұрғын үй технологияларымен салынған тұрғын үйлердің мысалдары бізге көп жағдайда бірдей әмбебап инженерлік шешімдерді әртүрлі климаттық аймақтарға қарамастан әлемде әртүрлі құрылыс алаңдарында қолдануға болады деген қорытындыға келдік. Қолданыстағы нормативтік актілердің талаптарына және құрылыс аймағының климаттық ерекшеліктеріне жауап беретін құрылыс конструкцияларының көптеген түрлері үшін үлгілік жобалау және техникалық шешімдерді әзірлеу негізінде ғимараттар мен құрылыстарды салуға арналған заманауи инновациялық шешімдерді зерттеу және енгізу.

Еуропалық стандарттарға сәйкес қоршаған ортаға қамқорлық жасауға мүмкіндік беретін тұрақты құрылыс, қоршаған ортаны қорғау және энергия тиімділігі талаптарын сақтауға ерекше назар аудару қажет. Зерттеу барысында ынтымақтастықтың мақсаты заманауи ұтымды әдістермен алмасу болды. Прогрессивті қамтамасыз ететін тұрғын үй ғимараттарын тұрғызу технологияларымен әр түрлі деңгейдегі мамандармен құрылыстағы заманауи инновацияларды қолдана отырып, қалалардың сәулеттік-жоспарлау құрылымын дамыту.

Әдебиеттер тізімі

1. Игнатенко, Т.К. Железобетонные конструкции многоэтажного каркасного здания: мастер-класс [Текст] / Т.К. Игнатенко. – Владивосток, Москва: Издательство АСВ, 2016. – 299 с.
2. Тихонов, И.Н. Проектирование армирования железобетона. «Проектирование железобетонной арматуры» [Текст] / И.Н. Тихонов, В.З. Мешков, Б.С. Расторгьев. – Москва: Издательство АСВ, 2015. – 241 с.
3. Баженов, И.М. Технология бетона [Текст] / И.М. Баженов. – Москва: Издательство АСВ, 2002. – 499 с.
4. Горчаков, Г.И. Строительные материалы: Учеб. для везов [Текст] / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – Москва: Стройиздат, 1986. – 688 с.
5. Горчаков, Г.И. Строительные материалы [Текст] / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – Москва: Книга по запросу, 2012. – 688 с.
6. Попов, Л.Н. Строительные материалы и изделия [Текст] / Л.Н. Попов, И.Л. Попов. – Москва: ГУП ТПП, 2000. – 384 с.
7. Микыльский, В.Г. Строительные материалы [Текст] / В.Г. Микыльский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов, Г.П. Сахаров. – Москва: АСВ, 2010. – 430 с.
8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия [Текст] / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – Москва: Высшая школа, 2009. – 439 с.
9. Рыбев, И.А. Материаловедение в строительстве [Текст] / И.А. Рыбев. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.
10. Рыбев, И.А. Строительное материаловедение [Текст] / И.А. Рыбев: Учеб. пособие для строительных вузов. – Москва: Высшая школа, 2009. – 703 с.
11. Микильский, В.Г. Строительные материалы / В.Г. Микильский [Текст]: Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 531 с.
12. Иванов, Д.С. Зарубежный опыт реновации жилых домов [Текст] / Д.С. Иванов, Головина С.Г. // Архитектура – Строительство – Транспорт // Материалы 71-й научно-практической конференции профессоров, профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников, инженеров и аспирантов университета. В 3-х частях. Часть 1. – СПб.: СПбГУ Архитектурно-строительный университет, 2015. – С. 191-197.
13. Киселева, П.И. Модернизация фасадов криптопанельных зданий с использованием немецкого опыта в качестве примера. Модернизация фасадов крупнопанельных зданий на примере немецкого опыта [Текст] / П.И. Киселева, О.А. Пастых // В книге: Сложные вопросы архитектуры. Материалы 70-й Всероссийской научно-исследовательской научно-практической конференции студентов, соискателей и молодых людей. Материалы 70-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть 3. – СПб: СПбГАСУ, 2017. – 145-153 с.
14. Крыкин, А.А. Ремонт объемно-планировочных и дизайнерских решений жилых криптопанельных зданий на примере зарубежного опыта. Реновация объемно-планировочных и конструктивных решений крупнопанельных жилых домов на примере зарубежного опыта. Комплексные вопросы современного строительства [Текст] / А.А. Крыкин // Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х частях. Часть 1. СПб: СПбГАСУ, 2020. – 100-118 с.
15. Пастых, О.А. Современные проблемы истории и теории архитектуры [Текст] / О.А. Пастых, // Материалы 4-й научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. – 111-117 с.

Материал редакцияға 10.05.24 түсті.

Д.Ж. Артықбаев[1], А.Қ. Жусипбеков[1], Қ.С. Досалиев[1]

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

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования универсальных энергоэффективных инженерных и технологических решений в массовом жилищном строительстве, независимо от климатического региона строительства, с учетом современной застройки. В статье не только рассматриваются усовершенствования строительных технологий, используемых в современном жилищном строительстве, но и предлагается обзор новейших энергоэффективных материалов и конструкций. Цель исследования: Мы стремились внедрить энергоэффективные решения в строительство жилья с использованием инновационных технологий и материалов. В дополнение к теоретическим материалам будут представлены практические расчеты, наглядно показывающие преимущества и недостатки различных инженерно-технических решений.

Ключевые слова: энергоэффективность, жилищное строительство, современные строительные материалы, железобетонные конструкции.

D.Zh. Artykbaev[1], A.K. Zhusipbekov[1], K.S. Dossaliyev[1]

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

MODERN MATERIALS AND STRUCTURES USED IN HOUSING CONSTRUCTION

Abstract. The article considers the possibility of using universal energy-efficient engineering and technological solutions in mass housing construction, regardless of the climatic region of construction, taking into account modern buildings. The article not only examines the improvements in construction technologies used in modern housing construction, but also provides an overview of the latest energy-efficient materials and structures. The purpose of the study: We sought to introduce energy-efficient solutions in housing construction using innovative technologies and materials. In addition to theoretical materials, practical calculations will be presented, clearly showing the advantages and disadvantages of various engineering solutions.

Keywords: energy efficiency, housing construction, modern building materials, reinforced concrete structures.

References

1. Ignatenko T.K. Jelezobetonnye konstrýktsıı mnogoetajnogo karkasnogo zdanıia. [Reinforced concrete structures of a multi-storey frame building]: the workshop. – Vladivostok, Moscow: Publishing House of the DIA, 2016. – 299 p., [in Russian].
2. Tıhonov I.N., Meshkov V.Z., Rastorgýev B.S. Proektırovanıe armırovanıia jelezobetona. [Design of reinforced concrete reinforcement]. – Moscow: Publishing House of the DIA, 2015. – 241 p., [in Russian].
3. Bajenov Iý.M. Tehnologıia betona. [Concrete technology]. – Moscow: Publishing House of the DIA, 2002. – 499 p., [in Russian].
4. Gorchakov G.I., Bazhenov Yu.M. Stroıtelnye materıaly: ýcheb. dlıa výzov [Building materials: studies. for universities]. – Moscow: Stroyizdat, 1986. – 688 p., [in Russian].
5. Gorchakov G.I. Bazhenov Yu.M.Stroıtelnye materıaly [Building materials]. – Moscow: Book on demand, 2012. – 688 p., [in Russian].

6. Popov L.N., Popov I.L. Stroıtelnye materıaly ı ızdelııa [Building materials and products]. – Moscow: GUP CCI, 2000. – 384 p., [in Russian].
7. Mıkýlskıı V.G., Gorchakov G.I., Kozlov V.V., Saharov G.P. Stroıtelnye materıaly [Building materials]. – Moscow: DIA, 2010. – 430 p., [in Russian].
8. Popov K.N., Kaddo M.B. Stroıtelnye materıaly ızdelııa [Building materials and products]: ed. reprint. and add. – Moscow: Higher School, 2009. – 439 p., [in Russian].
9. Rybev I.A. Materıalovedenıe v stroıtelstve [Materials science in construction]. – Moscow: Publishing Center "Academy", 2006. – 528 p., [in Russian].
10. Rybev I.A. Stroıtelnoe materıalovedenıe: ýcheb. posobıe dlıa stroıt. spets. výzov [Building Materials Science: studies. a manual for builds. special universities]. – Moscow: Higher School, 2009. – 703 p., [in Russian].
11. Mıkýlskıı V.G. et al. Stroıtelnye materıaly: ýchebnık [Building materials: textbook]. – M.: Publishing House of the DIA, 2004. – 531 p., [in Russian].
12. Ivanov D.S. Golovına S.G. Foreign experience in renovation of residential buildings // Architecture – Construction – Transport. Materials of the 71st scientific and practical conference of professors, teaching staff, researchers, engineers and graduate students of the University. In 3 parts. Part 1. – St. Petersburg: St. Petersburg State University University of Architecture and Civil Engineering, 2015. – P. 191-197, [in Russian].
13. Kıseleva P.Iý., Pastýh O.A. Modernızatsıia fasadov krýpnopanelnyh zdanıı s ıspolzovanıem nemetskogo opyta v kachestve prımera. [Modernization of facades of large-panel buildings using the German experience as an example] // V knıge: Slojnye voprosy arhıtektýry. Materıaly 70-ı Vserossıiskoı naýchno-ıssledovatelskoı naýchno-praktıcheskaıa konferentsıia stýdentov, aspırantov ı molodyh ýchenyh [Complex issues of architecture. Materials of the 70th All-Russian Research Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists]. Part 3. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2017. – 145-153 p., [in Russian].
14. Krıkýn A.A., Tsaı K.V. Renovatsıia obemno-planırovochnyh ı dızaınerskıh reshenıı jılyh krýpnopanelnyh zdanıı na prımere zarýbejnogo opyta. Slojnye voprosy sovremennogo stroıtelstva [Renovation of space-planning and design solutions for large-panel residential buildings on the example of foreign experience. Complex issues of modern construction] // Sbornık naýchnyh rabot stýdentov, aspırantov ı molodyh ýchenyh [Collection of scientific papers of students, postgraduates and young scientists]. In 2 parts. Part 1. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2020. – 100-118 p., [in Russian].
15. Pastýh, O.A. Sovremennye problemy ıstorıı ı teorıı arhıtektýry. [Modern problems of the history and theory of architecture] // Materials of the 4th scientific and practical conference. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2018. – 111-117 p., [in Russian].

IRSTI 67.15.29

A.M. Dushevina ©

Doctor of Technical Sciences

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-8458-727X*

South Ural State University,

Chelyabinsk, Russia

@ *bayali@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/GTER6622

STUDY OF THE STRENGTH OF CAUSTIC DOLOMITE-BASED MATERIALS

Abstract. Currently, the main reasons that inhibit the widespread use of magnesial binders are the insufficient production of caustic magnesite and caustic dolomite, the high cost and shortage of magnesium salts, solutions of which are used as caps.

Dolomites can be widely used for the production of various refractory materials, in particular fluxes and metallurgical powders used in the steelmaking industry. In order to increase the production of refractory materials and their widespread use, it is necessary to develop offluxed dolomite compositions and technology for its extraction.

It is necessary to study in depth the relationship between the composition of raw materials, technological conditions of production and physical and mechanical properties of the resulting materials.

Keywords: caustic magnesite, caustic dolomite, refractory materials, technology, physical and mechanical properties.

Dushevina A.M. Study of the strength of caustic dolomite-based materials // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.229-238. https://doi.org/10.55956/GTER6622

Introduction. Currently, the hydration products of caustic dolomite have not been sufficiently studied, their composition largely determines the properties of the resulting magnesial stone.

Properties of natural dolomite raw materials, peculiarities of composition of magnesia binders based on dolomite and used fasteners require thorough analysis of their influence on the structure and properties of the obtained materials.

Conditions and methods of research. From the given literature review, magnesian binders are of limited use in our industry.

Despite the fact that dolomites are significantly more common in nature than magnesite, caustic magnesite is usually used as a binder, data on the use of caustic dolomite as a binder for the production of building materials for various purposes are unambiguous.

Currently, the hydration products of caustic dolomite are insufficiently studied, their composition largely determines the properties of the obtained magnesia stone, as well as the carbonisation stability of products based on it.

Dolomites can be widely used for the production of various refractory materials, in particular fluxes and metallurgical powders used in the steelmaking industry. In order to increase the production of refractory materials and their widespread use, it is necessary to develop offluxed dolomite compositions and technology for its extraction.

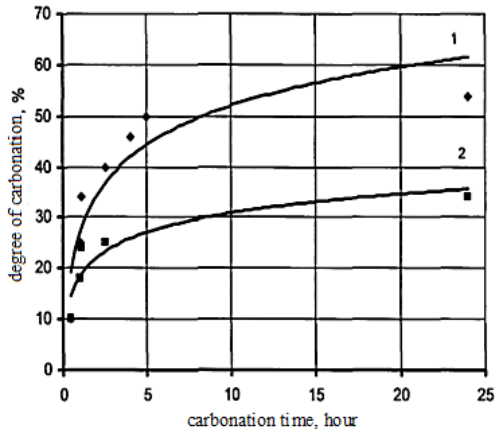
Therefore, the purpose of our work was to develop approaches to the integrated use of dolomites of Siberian deposits.

Dolomite from the Taenzin deposit was used in the course of the work. This deposit is located at a mining site 4 km east of the Sheregeshev iron ore deposit (Tashtagolsky district, Kemerovo region), which is used in the taenzy River Valley.

Research results and discussion. In the process of use, products made of magnesnal binders are exposed to the ambient air environment, one of the components of which is CO_2. Many works are devoted to the study of magnesial binding properties, however, carbonization processes have been insufficiently studied. The compounds found in the hydration of magnesian binder products in the air after long storage, mentioned in literary sources, are $Mg(OH)_2$, $MgCO_3(OH)_2$, $Mg(HCO_3)_2$ [1].

We study the effect of carbon dioxide on the properties of magnesial binder hydration products and the materials underlying them. For this purpose, samples hidden with solutions of chloride and magnesium sulfate of caustic dolomite after 28 days of air hardening were subjected to forced carbonization with the retention of moist carbon dioxide at a pressure of 0.4 MPA. In addition, he studied the process of carbonization of finished products based on caustic dolomite, in particular dolomite brick and foamed dolomite. For this, samples were placed in a carbonizer, and after conducting an involuntary carbonization process, they checked the change in strength.

The mechanism and degree of carbonization of magnesian binder hydration products largely depends on the type of shutter. The degree of carbonization of magnesial Stone obtained when covered with a solution of magnesium chloride is higher than when covered with a solution of magnesium sulfate (Fig. 1). The mechanism of the carbonization process is described in the work.

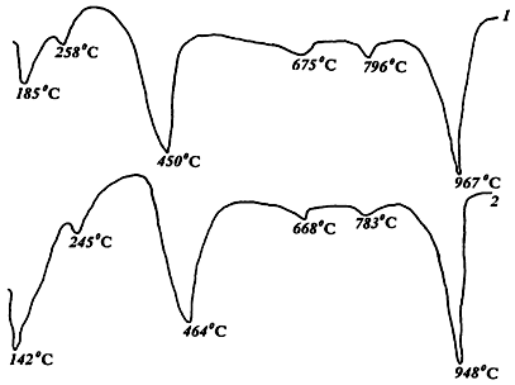


1 – caustic magnesite + $MgCl_2$ solution; 2 – caustic magnesite + solution $MgSO_4$.

Fig. 1. Dynamics of the carbonization process of hydration products of magnesian binders

Differential-thermonic analysis of the hydration products of caustic dolomite in air-humid conditions for 28 days (Fig. 2) shows that they are characterized by endothermic effects at different depths at temperatures 185, 258, 450, 675, 796 and 967^0C. The first two effects of small depth characterize the loss of crystallization water of magnesium hydroxochloride with hydrates, [HO-Mg-CL] NH nH_2O, $Mg(OH)_2.MgCl_2$. nH_2O content.

The deep endothermic effect at 450^0C corresponds to several late dehydration of $MD(OH)_2$. The endothermic effect at 940^0C corresponds to the decomposition of calcareous dolomite.

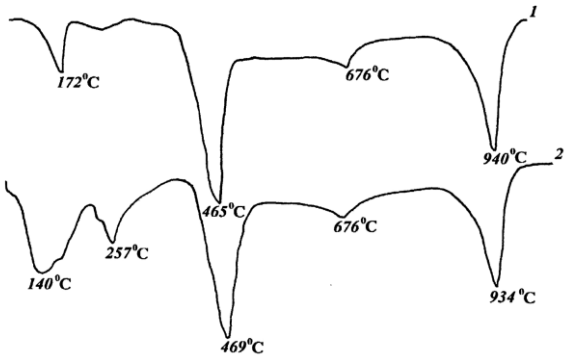


1 – before carbonization; 2 – after forced carbonization.

Fig. 2. Composition DTA curve of magnesian stone hydration products: caustic dolomite + MgCl solution (P=1170 kg/m^3)

In the thermogram of the described hydration products, only changes in the effects attributed to magnesium hydroxochloride are observed after involuntary carbonization. Instead of the effect of 185^0C, a deep endothermic effect occurs at a temperature of 142^0C.

The nature of other effects does not change. There is no significant difference in the thermogram of hydration products of foamed dolomite from caustic dolomite (Fig. 3), magnesium hydroxochlorides, hydrates are characterized by a zndothermic effect at a temperature of 172^0C.

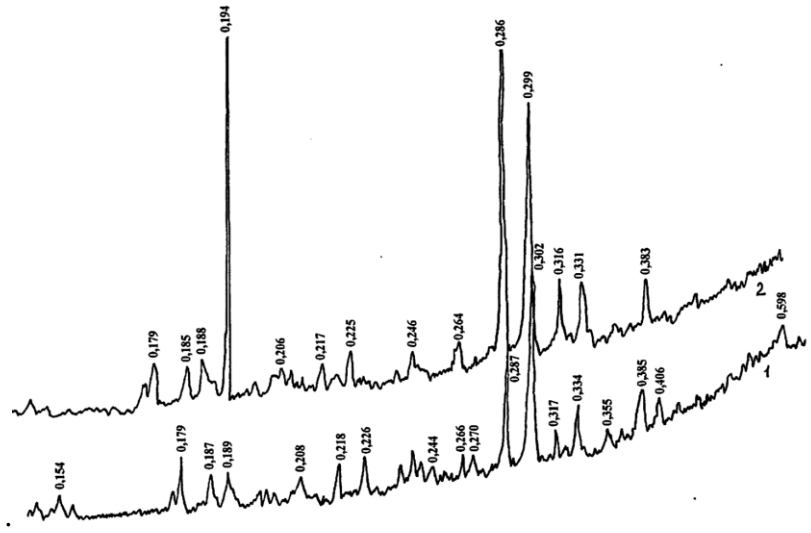


1 – before carbonization; 2 – after forced carbonization.

Fig. 3. Composition of foam dolomite DTA curves of hydration products: caustic dolomite + MgCl solution (P=1170 kg/MZ) + PB 2000 forming agent

Forced carbonization of foamidolomite leads to the loss of this effect in the DTA curve and the appearance of an endothermic effect of a fairly large area at a temperature of 140°C.

The analysis of the obtained X-ray diffraction products of hydration of penodolomite showed the presence of magnesium hydroxide, calcium carbonate in the samples. After carbonisation there is a slight displacement of all lines on radiographs (Fig. 4).



1 – before carbonization; 2 – after forced carbonization.

Fig. 4 Composition of foam dolomite X-ray of hydration products: caustic dolomite + mgsl solution (P=1170 kg/m3) + foam handler 115-200^{0}C

By analyzing the nature of changes in the DT curves before and after carbonization, carbonization mainly results in a change in part of the hydration products represented by hydroxochloride magnesium, hydrates. Magnesium hydroxide in hydration products remains practically unchanged. Besides that. the DTA curve of carbonized products shows that the weakly expressed endothermic effect characterizing the decarbonization of $MgCO_3$ does not change (Fig. 2) or this effect does not exist at all (Fig. 3).

A special inspection found that when covered with water, the magnesial stone from the MDC carbonizes very weakly. The absorption of carbon dioxide is stopped when about 15% of magnesium hydroxide is transferred to the composition of carbonization products, as well as at a temperature of 130°C, characterized by endothermic action (Fig. 5).

Taking into account the above mentioned, it can be assumed that the bulk of magnesia stone carbonisation products decompose at a temperature of about 140^{0}C, with simultaneous release of H_2O and CO_2.

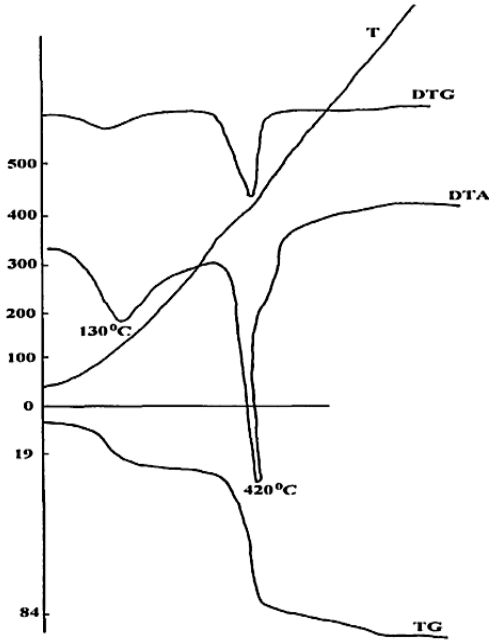
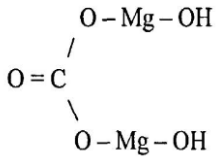


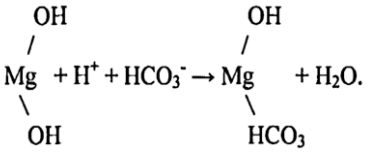
Fig. 5. Derivatogram of hydration products of caustic magnesite

The composition of these products is currently poorly studied by S.V. Samchenko and others [2] carbonization products contain magnesium MD(on)2 hydroxide and magnesium Md(NSO_3)2 bicarbonate, and the general formula-MD(on)2SO_3 is given. This composition can be combined with a structural formula:



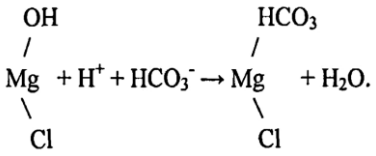
The presence of magnesium hydroxocarbon m$Mg(OH)_2$ M $MgCO_3$ NH nH_2O is known, but the DTA curves of these compounds are characterised by the presence of dehydration of the thermodefect MD(on)2 and decarbolysis Mdcosis. The low-temperature endothermic effects of carbonization products (Figs. 2 and 3) suggest some clarification of their composition.

In our opinion, when carbonizing part of the hydration products represented by magnesium hydroxide, a reaction can take place:



The resulting product is HO-Mg-HCO_3 or $Mg(OH)_2$ M $MgCO_3$. hydroxohydrocarbonate, hydrate. The addition of such a composition is known as the mineral nesquegonite[HO-Mg-HCO_3]·2h2o [2].

According to the author, it is characterised by endothermic effects of 125°C and 230^0C. The beginning of the thermal decomposition of such a carbonization product can be close to the decay temperature of magnesium bicarbonate – $Md(NSO_3)_2$, then when the temperature increases, there will be a loss of mass due to group 131. Proof of this is the presence of a small endothermic effect in all thermograms under consideration at temperatures of 245-257^0C, including the DTA curve of products that were not subjected to forced carbonization due to the absorption of carbon dioxide from the air during hardening. When interacting with carbon dioxide, parts of the hydration products proposed by magnesium hydroxochloride can undergo a reaction according to the scheme:



Cl-Mg-NSO_3 the compound to be broken down is a double salt, $MgCl_2$ м $Md(NSO_3)$.

The beginning of the decomposition of such a salt is close to the decomposition temperature $Md(NSO_3)2$, while $M3C1_2$ can be released in some amount. In all DTA curves, small endothermic effects occur at temperatures of 668-676^0C, which characterize the melting of $MgCl_2$.

After carbonization, differential-thermal and thermogravimetric analysis was additionally carried out to calculate the composition and number of hydration products of caustic dolomite (Fig. 6).

In the carbonization process, there was an increase in the mass of 727mg.

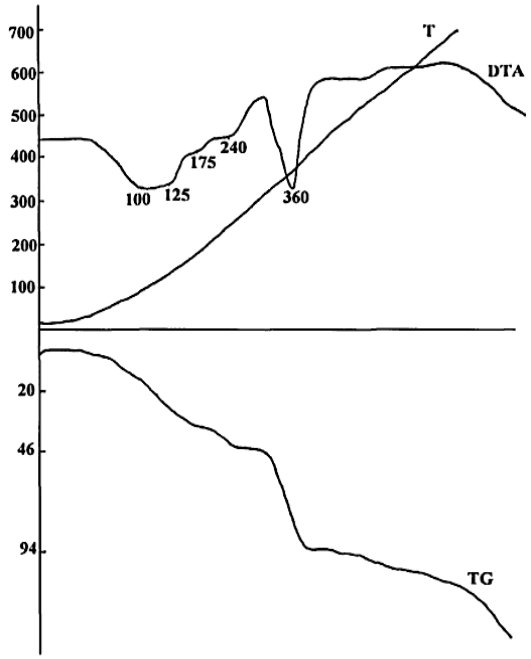


Fig. 6. Derivatogram of caustic dolomite hydration products after forced carbonization

For the derivatogram, the hook was 350 mg, that is, before carbopizacnp, this hook was 326 mg:

10727 mg after carbonization – 727 mg weight gain
Mass gain of 350 mg – " x " mg after carbonization
x=23.6 mg 350-23.6=326.4 mg
Hydrate water loss up to $Mg(OH)_2$ for such a hang

325·62/600=33.5 mg

At low temperatures, the decrease in mass increased by 15.5 mg due to carbonization.

Therefore, in addition to the hydroxochloride of magnesium carbonization, Part 2 of Mg (he) is exposed according to the scheme:

$2Mg(OH)_2 \cdot 2HCO_3 + 2H \rightarrow 2Mg(OH)_2 \cdot Mg(HCO_3)_2$
116 58 146
$2Mg(OH)_2$ - $Mg(HCO_3)_2$
58 146(88 CO_2)
58 $Mg(OH)_2$ – 88 CO_2
x $Mg(OH)_2$ – 13mg CO_2
x=8.5 mg

8.5 Mg $Mg(OH)_2$ $MgHCO_3$(2) or 17 mc 2 $Mg(OH)_2$ was converted to nesquegonite.

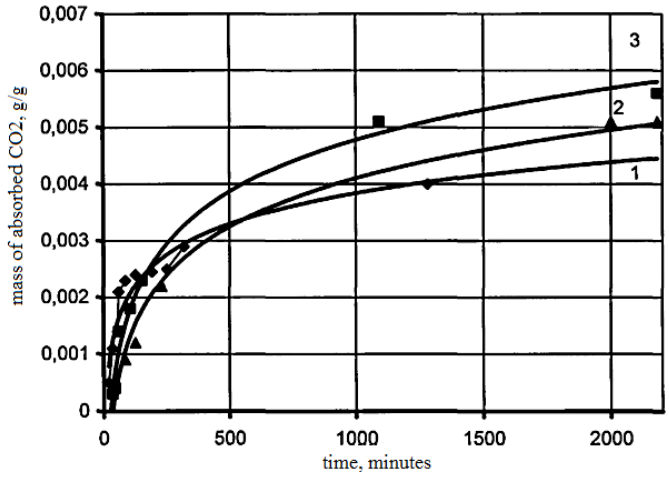
600 mg hangers-180 mg $Mg(OH)_2$
326 mg suspension-X
X=97.5 mg

During carbonization, 17 mg became the mineral nesquegonite with the formation of $Mg(OH)_2$ (=15%):

$2Mg(OH)_2$ $Mg(OH)_2 \cdot Mg(HCO_3)_2 \rightarrow$
116 – 204
17 – x

During the study of the process of carbonization of fromdolomite, dolomite brick and magnesial stones based on caustic dolomite (Fig. 7), it was found that foamdolomite is most intensively carbonized, less intensively dolomite brick. The high rate of carbonization of foamdolomite can be explained by its porous structure. Carbon dioxide molecules are involved in reactions, deepening the material. In foam solidified in air, carbonization processes occur very slowly. In conditions of high humidity and high pressure, interaction is accelerated in the process of forced carbonization [3].

The carbonization of dolomite brick is slower than the carbonization of foam dolomite due to its high density.



1 – caustic dolomite + MgCl solution; 2 – dolomite brick (30% caustic dolomite + 70% natural dolomite + mortar MgCl); 3 – foamed dolomite (caustic dolomite + foaming agent PB-2000 + mgcl solution).

Fig. 7. Forced carbonization momentum

When studying the influence of the carbonization process on the strength characteristics of dolomite bricks based on caustic dolomite, it was found that the strength of samples during compression increases in proportion to the increase in the degree of carbonization (Fig. 8).

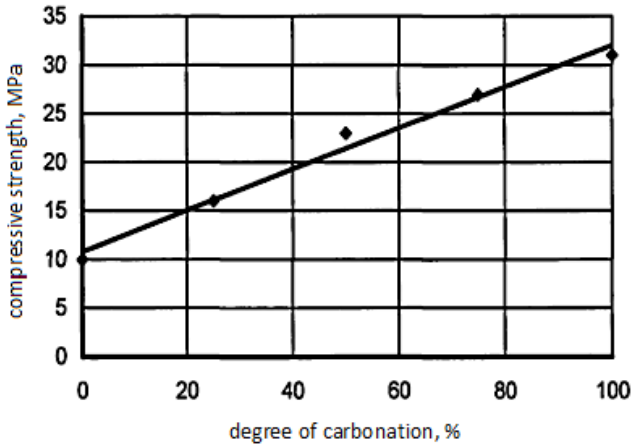


Fig. 8. Dependence of the strength of dolomite bricks on the degree of carbonization

Conclusion The order of dolomite during heating and the composition of products formed during annealing are studied. Before the formation of oxocarbon of the MDO-Saso3 composition, the probability of decay of dolomite occurred in the first stage, the product formed at this stage retains the shape of the crystal lattice of dolomite, perhaps for this reason there is no IA on the X-ray of the MDO line or has a very small intensity. Dolomite, the Double Salt $SaMD(CO_3)_2$, is an independent compound and spreads as an independent substance.

A graph-analytical approach to determining the degree of dolomite decarbonisation by changing the ratio of the average density of the burnt and primary products is proposed.

References

1. Samchenko, S.V. Lyutikova T.A., Tretyakova N.S. Dependence of the properties of magnesia binders on the concentration of the sealer and the type of additives // Concrete at the turn of the third millennium: Proceedings of the 1st All-Russian Conference on Concrete and Reinforced Concrete. – Moscow: Association "Reinforced Concrete", 2001. – P. 1259-1262.
2. Bikbau M.YA. Rudnyy D.I., Zhuravlev V.P., Papacheva N.I. Stroitel'nyye materialy i izdeliya na osnove vysokoprochnogo magnezial'nogo vyazhushchego iz dolomitovogo syr'ya [Construction materials and products based on high-strength magnesium binder from dolomite raw materials] // Stroitel'nyye materialy [Construction Materials], 1997. No. 5. P. 3, [in Russian].
3. Zyryanova V.N. Polucheniye khimicheski stoykikh magnezial'nykh vyazhushchikh materialov na osnove promyshlennykh otkhodov i netraditsionnogo syr'ya [Production of chemically resistant magnesium binders based on industrial waste and non-traditional raw materials] // Neorganicheskiye materialy [Inorganic materials], 1995. Vol. 31, No. 2. P. 270-273, [in Russian].

Material received on 19.05.24.

А.М. Душевина

Оңтүстік Орал мемлекеттік университеті, Челябинск қ., Ресей

КАУСТИКАЛЫҚ ДОЛОМИТ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БЕРІКТІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта магнезиалды байланыстырғыш заттарды кеңінен қолдануды тежейтін негізгі себептер каустикалық магнезит пен каустикалық доломит өндірісінің жеткіліксіз көлемі, ерітінділері қақпақтар ретінде қолданылатын магний тұздарының жоғары құны мен тапшылығы болып табылады.

Доломиттер әртүрлі отқа төзімді материалдарды, атап айтқанда, болат балқыту өндірісінде қолданылатын флюстер мен металлургиялық ұнтақтарды өндіру үшін кеңінен қолданылуы мүмкін. Отқа төзімді материалдарды шығаруды ұлғайту және оларды кеңінен пайдалану үшін офлюсирленген доломит құрамдарын және оны алу технологиясын әзірлеу қажет.

Шикізат құрамы, өндірістің технологиялық жағдайлары және алынатын материалдардың физика-механикалық қасиеттері арасындағы өзара байланысты терең зерделеу қажет.

Тірек сөздер: каустикалық магнезит, каустикалық доломит, отқа төзімді материалдар, технология, физика-механикалық қасиеттер.

А.М. Душевина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАУСТИЧЕСКОГО ДОЛОМИТА

Аннотация. В настоящее время основными причинами, препятствующими широкому использованию магнезиальных связующих веществ, являются

недостаточный объем производства каустического магнезита и едкого доломита, высокая стоимость и дефицит солей магния, растворы которых используются в качестве крышек.

Доломиты могут широко использоваться для производства различных огнеупорных материалов, в частности флюсов и металлургических порошков, используемых в сталеплавильной промышленности. Для увеличения выпуска огнеупорных материалов и их широкого использования необходимо разработать доломитовые составы и технологию их получения.

Необходимо углубленное изучение взаимосвязи между составом сырья, технологическими условиями производства и физико-механическими свойствами получаемых материалов.

Ключевые слова: каустический магнезит, каустический доломит, огнеупорные материалы, технология, физико-механические свойства.

ҒТАМР 31.25.15

А.Н. Шералы[1] – *негізгі автор*, ©
М.С. Қалмаханова[2], D.D. Snow[3], Р.Б. Жарлыкапова[4]

[1]Магистрант, [2]PhD, [3]PhD, профессор, [4]Техн. ғылым. канд., доцент

ORCİD *[1]https://orcid.org/0009-0001-5214-0131 [2]https://orcid.org/0000-0002-8635-463X*
[3]https://orcid.org/0000-0002-5449-1031 [4]https://orcid.org/0000-0003-1243-3068

[1,2,4]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]Небраска Университеті, Линкольн, АҚШ

@ *[1]aizzhansheraly02@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/BKNW5669

ТОПЫРАҚТЫҢ ҚҰРЫЛЫМДАНУ ҚАБІЛЕТІН СУДА ЕРИТІН ПОЛИМЕРДІҢ ҚАТЫСЫНДА ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ауыл шаруашылығы экономиканың маңызды салаларының бірі болып саналады. Сондықтан ауыл шаруашылығын әртүрлі тәсілдермен дамыту қажет. Осы орайда ауыл шаруашылығында қолданылатын топырақтың жоғары құнарлылығы үлкен рөл атқарады. Топырақтың құнарлылығы оның орналасқан аймағына, құрылымы мен құрамына, қасиеттеріне, түріне байланысты.

Қазіргі уақытта топырақтың құнарлылығын арттыру әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады. Атап айтқанда, топырақтың құрылымын жасанды жақсартуды іске асыру кезінде химиялық түрлендірілген табиғи, жасанды және синтетикалық қосылыстарды – суда еритін полимерлерді тиімді пайдалана білу қажет. Сондықтан суда еритін полимерлердің, әсіресе топырақтың құнарлылығын арттыру үшін қолданылатын полимерлердің қасиеттерін реттеу ғылыми маңызды тәжірибелік бағыт болып табылады.

Тірек сөздер: топырақ, құнарлылық, суда еритін полимер, құрылымдану, қасиет, полиакриламид, тәжірибе, функционал топ, концентрация.

Шералы, А.Н. Топырақтың құрылымдану қабілетін суда еритін полимердің қатысында зерттеу [Мәтін] / А.Н. Шералы, М.С. Қалмаханова, D.D. Snow, Р.Б. Жарлыкапова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.238-245. https://doi.org/10.55956/BKNW5669

Кіріспе. Топырақтың адам өмірі үшін маңызын асыра бағалау мүмкін емес, өйткені оның негізгі қоректік көзі болып табылатын топырақ. Бұл жағдай жаһандық демографиялық жағдайға және көптеген аймақтардағы тұрақты ашаршылық қаупіне байланысты ерекше маңызды. Біздің планетамыздың өсіп келе жатқан халқы ауыл шаруашылығы өнімдерін, оның ішінде өсімдік шаруашылығын көбірек қажет етеді. Аграрлық ғылымның және оған байланысты білімнің барлық салаларының міндеті – ауыл шаруашылығы өнімдерінің өндірісін ұлғайту және сапасын арттыру арқылы халықты азық-түлікпен барынша қамтамасыз ету. Бұл мәселе біздің елімізде көптеген ондаған жылдарға созылған ауыл шаруашылығындағы ауқымды жер қорының және Қазақстан Республикасының қара топырақ, каштан және басқа да құнарлы топырақтар сияқты бірегей топырақтары болған кездегі дағдарыс

жағдайында ерекше өзекті және өткір сипатқа ие болды. Еліміздің ауыл шаруашылығы күрделі топырақ-климат жағдайында дамып келеді. Ауыл шаруашылығы өндірісінің негізгі құралы ретіндегі топырақ маңыздылығы оның негізгі қасиеті – құнарлылығымен анықталады. Құнарлылық – топырақтың өсімдіктердің қалыпты өсуі мен дамуы үшін қажетті барлық жағдайларда (қоректік заттар, су, ауа, жылу және т.б.) қажеттіліктерін қанағаттандыру қабілеті [1].

Топырақ түрлі табиғи құбылыстардың нәтижесінде және орналасқан жеріне қарай құрамы, түрлері, қасиеттері де түрліше болып келеді. Топырақ жер литосферасының беткі қабаты ретінде адам тұтынатын тағамның, ауыз судың және белгілі бір дәрежеде атмосфералық ауаның химиялық құрамын құрайды. Адам, шын мәнінде, топырақ арқылы биогеоценозға кіреді. Топырақтың ең маңызды және бірегей қасиеті – құнарлылығы. Адамзатқа қажетті азық-түліктің барлығы дерлік ауыл шаруашылығында топырақты пайдалану арқылы алынады. Топырақ тамақ, ауа және су арқылы тірі организмдердің, соның ішінде адамның бейімделу процесіне белсенді әсер етеді. Топырақ көптеген тірі организмдердің мекені болып табылады, өйткені ол өсімдіктерді қоректік заттармен және сумен қамтамасыз етуге қабілетті, сонымен қатар көптеген организмдердің тіршілік ету ортасы болып табылатын биоинертті дене. Топырақтың бойында орасан зор байлық бар. Адамзаттың міндеті осы жасырынып жатқан байлықты зерттеп, дамытып, өз игіліктеріне тиімді пайдалана білу. Топырақ негізінен қатты жыныстардың ұсақталуынан пайда болды. Бастапқыда беті тек қатты жыныстардан тұрды. Әр түрлі табиғи құбылыстардың әсерінен бұл жыныстар ыдырап, ұсақталып, топырақтың пайда болуына жағдай жасады. Үгітілудің бірнеше түрі бар. Бұл биологиялық, физикалық және химиялық ұсақталу. Физикалық ұнтақтау арқылы біз оның құрамын өзгертпестен топырақты тек әртүрлі ұсақ бөлшектерге бөлуді айтамыз. Физикалық ауа-райы негізінен желдің екпінінен, тасқын сулардан және қатты температурадан туындайды. Ал химиялық ұнтақтау орын алғанда, ол тау жыныстарындағы әртүрлі қосылыстардың сілтілерде, суда немесе қышқылда еруі және ауаның оттегімен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады. Нәтижесінде құрамы бойынша ерекшеленетін жаңа минералдар пайда болады. Тірі организмдер осы шөгінді типтегі ұсақталған жыныстарда өмір сүре бастағаннан бері олар топырақтан қажетті заттарды сіңірді, биологиялық айналым жүрді және құнарсыз жыныстар құнарлы болып, біртіндеп біртұтас, құнарлы, өмір сүруге жарамды топырақты құрады. Топырақта өсімдіктердің өсуінің басталуы топырақтың пайда болу процесін тездетті. Өсімдіктер топырақтан қажетті элементтерді сіңіріп, күн сәулесінің көмегімен органикалық заттар түзгенде, бұл органикалық заттар ыдырап, алғашқы топырақ шірігін құрайды.

Мәселенің қазіргі кездегі жағдайы. Полимерлердің гидродинамикалық қасиеттерін анықтау олардың молекулалық салмағын, полидисперстілігін, макромолекулалардың пішіні мен өлшемдерін, қасиеттерін және т.б. сипаттауға мүмкіндік береді. Суда еритін полимерлердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу олардың қолданыс бағыттарын кеңейте түседі [2].

Жұмыстың өзектілігі. Топырақ көптеген тірі организмдердің мекені болып табылады, өйткені ол өсімдіктерді қоректік заттармен және сумен қамтамасыз етуге қабілетті, сонымен қатар көптеген организмдердің тіршілік ету ортасы болып табылатын биоинертті дене.Топырақтың бойында орасан зор байлық бар. Адамзаттың міндеті осы жасырынып жатқан байлықты зерттеп, дамытып, өз игіліктеріне тиімді пайдалана білу.

Жұмыстың мақсаты – топырақтың құрылымдық құрамын суда еритін полимерлердің қатысында зерттеу.

Ғылыми жаңалығы:

– суда еритін полимер полиакриламидтің (ПАА) топырақтың құрылымдану қабілетіне әсері анықталды;

– суда еритін полимерлердің қасиеттері қарастырылды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Адам қызметінің топырақ түзілу процестеріне әсері де зор. Бүгінгі таңда ғылымның, техниканың және қоғамның дамуымен адамзаттың құнарлылығын, сондай-ақ топырақ түзілу құбылысын арттыру сіздің қолыңызда. Адам өзінің саналы әрекеттерінің нәтижесінде жерді жасанды түрде суарып немесе құрғатып, қалпына келтіріп, топырақтың табиғи даму процестеріне көптеген жаңа өзгерістер енгізді. Бір орында тұрмайтын қоғамның даму процесінде адамдардың өмірі топырақпен тығыз байланысты болды және күн сайын топыраққа әсері күшейе түседі. Сонымен, топырақтың қалыптасуына әсер ететін негізгі факторлар атап өтілді. Осы факторлардың нәтижесінде бүгінгі топырақ қалыптасты. Топырақтың пайда болуы бірден болған жоқ, бірақ көптеген жылдарға созылды. Осы факторлардан басқа, кейбір жерлерде топырақ түзілуіне әсер ететін жергілікті факторлар да бар. Мысалы, кейбір аймақтарда бұл жерлерде жер асты суларының топыраққа жақын орналасуына байланысты шалғынды топырақ пайда болады. Тиісінше, әр аймақтағы топырақ әртүрлі. Әртүрлі табиғи процестер нәтижесінде пайда болған топырақта оның тән формалары, құрылымдары, өзіндік ерекшеліктері мен қасиеттері көрінеді. Осылайша, топырақ тау жыныстарынан тек құнарлылығымен ғана емес, құрылымымен, құрамымен де ерекшеленеді. Осы әртүрлі морфологиялық ерекшеліктерге байланысты олар бір-бірінен бөлініп, топтарға жіктеледі және оларға да атау беріледі. Негізгі морфологиялық белгілерге топырақ құрылымы, қалыңдығы, түсі, топырақ құрамы және оның қабаттары жатады [3].

Топырақтың химиялық қасиеттері, негізінен, топырақта болатын қатты және сұйық фазалардың арасындағы процестер арқылы анықталады. Топырақтың суында әртүрлі тұздар мен қышқылдар ериді. Топырақ түзілу процесінің нәтижесінде ұзақ уақыттың ішінде топырақ ерітіндісі пайда болады. Топырақ ерітіндісінің құрамы мен концентрациясы топырақтың қатты фазасы мен судың, организмдердің бір-бірімен өзара әрекеттесуінен түзіледі.

Қышқылдықты белсенді және потенциалдық қышқылдық деп бөледі. Белсенді қышқылдық құрамында қышқыл тұздардың, әлсіз қышқылдардың, минералдық қышқылдардың және H_2SO_4 болуымен құралады. Сутегі иондары белсенді қышқылдықты қамтамасыз етеді. Потенциалдық қышқылдық топырақта алюминий мен сутегі иондарының болуымен байланысты. Сутегі ионының көзі қышқылдар және $Al(OH)_3$ болып табылады.

Сілтілік актуальдық және потенциалдық болып бөлінеді. Топырақ ерітіндісінде гидролитті сілтілік тұздар [Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$] бар болса актуальды сілтілік болып табылады. Потенциалдық сілтілік топырақта натрий болуымен сипатталады. Сілтілену дәрежесіне байланысты топырақтарды әлсіз сілтіленген (pH=7-7,5), орташа сілтіленген (pH=7,5-8,5) және күшті сілтіленген (pH>8,5) деп бөле аламыз [4].

Топырақтың қасиеттері оның құрылысы мен құрамына байланысты болады. Топыраққа минералдық тыңайтқыштарды себу арқылы, химиялық қосылыстар мен органикалық заттарды енгізу арқылы оның физикалық және химиялық қасиеттерін өзгертуге болады. Топырақ түзілу процесінде топырақтың құрамы өзгеріске ұшыраса, қасиеттері де өзгереді.

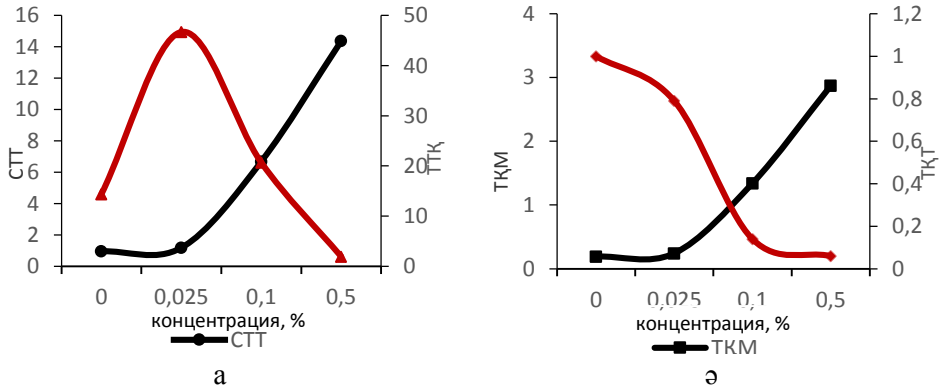
Ізденіс жұмыстарын жүргізу барысында зерттеу нысаны ретінде Оңтүстік өңірдің топырағы алынып, синтетикалық суда еритін полимер үлгісі полиакриламид қатысында физикалық-химиялық қасиеттері қарастырылды.

Полиакриламид (ПАА) – акриламид пен оның туындыларына негізделген полимерлер мен сополимерлер тобының жалпы атауы. Полиакриламид макромолекуласының элементар буыны IUPAC ережелеріне сәйкес негізгі атауы – поли (2-пропенамид) немесе поли (1-карбамоилэтилен), жалпы формуласы – (-$CH_2CHCONH_2$ -)n. Полиакриламид (ПАА) және басқа қанықпаған амидтер негізіндегі полимерлерді синтездеудің негізгі әдісі радикалды полимерлену болып табылады, оны барлық белгілі тәсілдермен жүргізуге болады: кристалды және балқытылған мономерлер массасында, ерітіндіде, эмульсияда және суспензияда. Әдістердің әрқайсысының полимерлердің қасиеттерін және өндірістің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтайтын өзіндік ерекшеліктері бар.

Суда полимерленудің кең таралуының басқа себептеріне бастапқы мономерді кристалды түрде оқшаулауға жұмсалатын энергия шығындарының азаюы жатады, бұл оның өздігінен полимерлену ықтималдығымен және органикалық еріткіштердің регенерациясымен, қоршаған ортаның ластануының төмендеуімен, сондай-ақ, әдетте, сулы ерітінділер түрінде қолданылатын полимерлі реагенттердің еру сатысын жоюмен байланысты.

Полиакриламидтің кең өндірісі 1950 жылдардың басында басталды. Тұрақты өсу полиэлектролиттің бірегей қасиеттерімен қамтамасыз етілді, бұл оны гель жасаушы, пленка жасаушы, флокулянт және коагулянт ретінде кеңінен қолдануға мүмкіндік берді [5].

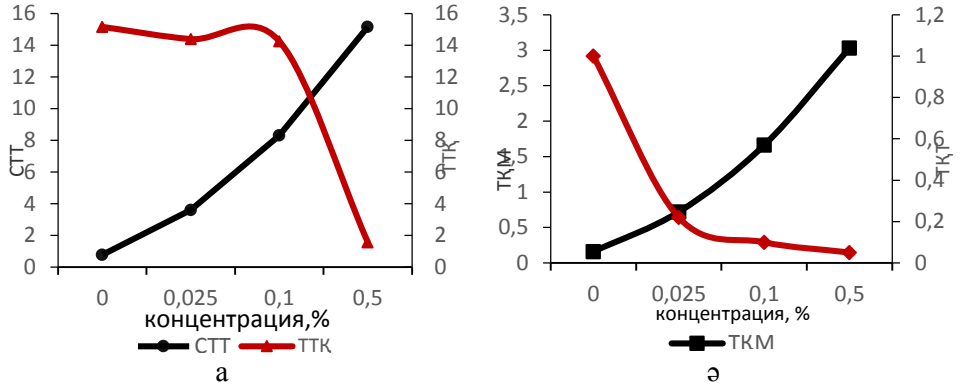
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тәжірибе жұмысындағы анықталған топырақтың құрылымдануына әсер етуші СТТ түйіршік мөлшері суда еритін полимерлердің функционал топтары орналасуы мен табиғаты, түрлеріне қарай ерекшеленуіне байланысты болып келеді. Ерітінділердің концентрацияларының өсуімен СТТ мөлшері артса, ТТҚ мөлшері кемиді (сурет 1а). Сонымен қатар ТҚМ мөлшері концентрация өсуімен артатын болса, ТҚТ мөлшері сәйкесінше кемиді. Әр тұздың өзіндік қасиеттеріне байланысты көрсететін сандық мәндері де түрліше болып келеді. Мысалы K_2SO_4 тұзының қатысында анықталған ТТҚ мөлшері белгілі бір концентрацияға дейін ұқсас шамада кеміп, 0,1 концентрацияда бірден кемігені байқалды (Сурет 1ә) [6].



а ә

Сурет 1. Суда еритін полимердің K_2SO_4 тұзының қатысында анықталған СТТ, % мен ТТҚ -нің (а) ТҚМ мен ТҚТ-нің (ә) ерітінді концентрациясына байланысты өзгеруі

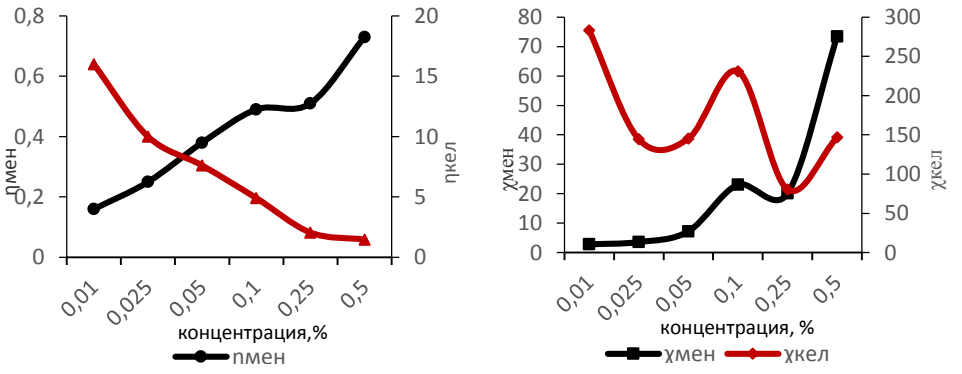
Суда еритін полимердің $MgSO_4$ тұзының қатысында анықталған СТТ, % мен ТТҚ-нің, ТҚМ мен ТҚТ-нің сандық мәндерінің ерітінді концентрациясына байланысты өзгеруі 2-суретте көрсетілген.



а ә

Сурет 2. Суда еритін полимердің $MgSO_4$ тұзының қатысында анықталған СТТ, % мен ТТҚ-нің (а), ТҚМ мен ТҚТ-нің (ә) сандық мәндерінің ерітінді концентрациясына байланысты өзгеруі

Суда еритін полимер полиакриламидтің гидродинамикалық қасиеттеріне келетін болсақ, тәжірибе нәтижелері полимер ерітінділерінің концентрациясы өскен сайын $\eta_{мен}$-ның артып баратындығын көрсетсе, $\eta_{кел}$-ның керісінше ерітінді концентрациясы өсуімен кемитіндігін көрсетті (Сурет 3а). Дәл осылай $\chi_{мен}$ мен $\chi_{кел}$ анықталды. $\chi_{мен}$ те ерітінді концентрациясы өскен сайын артып, $\chi_{кел}$ кемігені байқалды (Сурет 3ә). Оның негізгі себебі ионданушы қабілеті бар функционал топтарының кемуімен байланысты. $\chi_{мен}$-тің бастапқы ерітінді концентрацияларында ұқсас шамамен артқаны байқалса, 0,25 концентрацияда бірден өскені байқалды.

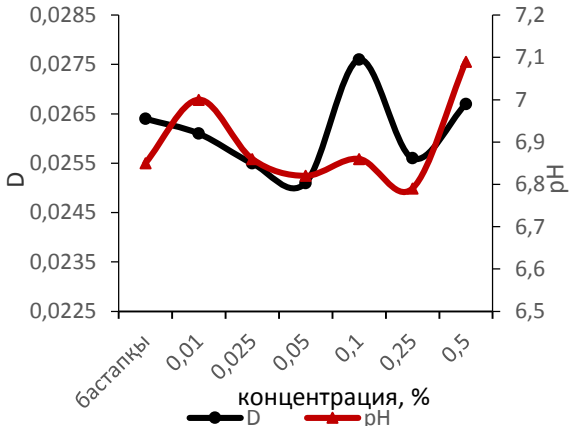


а ә

Сурет 3. Суда еритін полимерлердің тұтқырлықтарымен($\eta_{менш}$, $\eta_{келт}$) (а) электрөткізгіштіктерінің ($\chi_{менш}$, $\chi_{келт}$) (ә) ерітінді концентрациясына қарап өзгеруі

Суда еритін полимер ПАА үлгісінің оптикалық тығыздығы (D) мен pH көрсеткішінің концентрацияға байланысты өзгеруі өзара ұқсас болып келеді. Оптикалық тығыздық пен pH мәні кей концентрацияларда артқан болса,

кейбіреуінде кемігені байқалды (Сурет 4). Мысалы оптикалық тығыздық 0,5 концентрацияда бірден үлкен сандық мәнде артқан болса, 0,1 концентрацияда керісінше бірден кеміді.



Сурет 4. Суда еритін полимер ПАА үлгісінің оптикалық тығыздығы (D) мен pH көрсеткішінің концентрацияға байланысты өзгеруі

Суда еритін полимер ерітінділерінің гидродинамикалық қасиеттері, яғни меншікті және келтірілген тұтқырлықтары, электрөткізгіштігі, топырақты құрылымдаушы қабілеті мен тиімділігі арасында белгілі дәрежеде байланыстардың болатындығы анықталды. Суда еритін синтетикалық полимер полиакриламидтің (ПАА) макромолекуласы тізбегі бойындағы амид функционал тобының табиғаты мен орналасуына қарай топырақтың құрылымдық құрамын реттеудегі ерекшеліктері анықталды.

Қорытынды. Қорытындылай келе, суда еритін полимерлердің көмегімен, олардың түрлі физика-химиялық қасиеттерге ие болуымен топырақтың құнарлылығын арттырып, құрылымдануын жақсартуға болатындығы зерттелді. Сол үшін де суда еритін полимер полиакриламидтің қасиеттері қарастырылды. Полиакриламидтің макромолекуласының тізбегінің бойындағы функционал топтарының түрлеріне, қасиеттеріне, орналасу ерекшеліктеріне байланысты макромолекуласының конформациялық күйінің өзгеріске ұшырайтындығы анықталынды. Суға төзімді түйіршік мөлшері, топырақты құрылымдаушы мөлшер, топырақты түйіршіктеу қабілеті, топырақты құрылымдаушы тиімділік топырақ үлгісінің қолданылған ерітіндіге байланысты әртүрлі нәтиже көрсетті. Оның себебі әр тұздың табиғатына байланысты болып келеді. Соған қарай топырақ үлгісіне әсер етуі де әртүрлі болады. Сонымен қатар суда еритін полимерлердің гидродинамикалық қасиеттері мен электрөткізгіштігі, оптикалық тығыздығы, pH көрсеткіші арасында байланыстың бар екендігі анықталды. Суда еритін полимерлердің гидродинамикалық қасиеттері, яғни меншікті және келтірілген тұтқырлықтары полимерлердің өзге де қасиеттерін анықтауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде суда еритін полимерлердің өзге де қолданыс бағыттары анықталады. Бұл өз кезегінде суда еритін полимерлерге деген сұранысты арттырады. Жүргізілген зерттеу нәтижелерінде суда еритін полимерлердің ауыл шаруашылығын дамытуда маңызы зор екендігі дәлелденді [7].

Әдебиеттер тізімі

1. Асанбаев, И.К. Почвоведение с основами экологии и географии почв [Текст]: учебное пособие / И.К. Асанбаев, К.Ш. Фаизов. – Алматы: Қазақ университеті, 2007. – 218 с.
2. Вронский, В.А. Прикладная экология[Текст]: учебное пособие / В.А. Вронский. – Феникс, 2004.
3. Касьяненко, А.А. Почвоведение [Текст] / А.А. Касьяненко. – М.: Инфра, 2004.
4. Реймерс, Н.Ф. Почвоведение: теория, законы, правила, принципы и гипотезы [Текст] / Н.Ф. Реймерс // Москва. – 2004. – Т. 6. – С. 289.
5. Давлюд, Д.Н. Гидродинамические и адсорбционные свойства анионных сополимеров акриламида в водно-солевых средах [Текст] / Д.Н. Давлюд, П.Д. Воробьёв, Ю.В. Липай, Е.В. Воробьёва, С.В. Буча, А.Р.Черникова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2019. – Т. 55. – №4. – С. 455-463.
6. Асанов, А.А. Суда еритін полимерлердің функционал топтарының құрамы мен түрлерінің топырақты құрылымдаушы қабілетіне әсері [Текст] / А.А. Асанов, А. Базарханқызы // 2nd International Scientific Conference “Theoretical and Applied Sciences in the USA”. – Нью-Йорк, США. – 2015. – Б. 237-246.
7. Жатқанбаев, Е. Зерттелуші «ГУПЭР» сериялы сополимер ерітіндісімен топырақ агрегаттарын өңдеу кезінде олардағы суға беріктік өзгерісін анықтау [Текст] / Е. Жатқанбаев, Н. Жақыпбекова, У. Бишімбаев // Ізденіс. – 2009. – №1. – Б.7-9.

Материал редакцияға 24.04.2024 түсті.

А.Н. Шералы[1], М.С. Калмаханова[1], Daniel D. Snow[2], Р.Б. Жарлыкапова[1]

[1]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан
[2]Университет Небраска, г. Линкольн, США

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ В ПРИМЕНЕНИИ ВОДОРАСТВОРИМОГО ПОЛИМЕРА

Аннотация. Сельское хозяйство является одним из важнейших секторов экономики. Поэтому развивать сельское хозяйство необходимо по-разному. В связи с этим большую роль играет высокое плодородие почвы, используемой в сельском хозяйстве. Плодородие почвы зависит от ее местоположения, структуры и состава, свойств, типа.

В настоящее время повышение плодородия почв осуществляется различными способами. В частности, необходимо уметь эффективно использовать химически модифицированные природные, искусственные и синтетические соединения – водорастворимые полимеры – при осуществлении искусственного улучшения структуры почвы. Поэтому регулирование свойств водорастворимых полимеров, особенно полимеров, используемых для повышения плодородия почв, является научно важным экспериментальным направлением.

Ключевые слова: почва, плодородие, водорастворимый полимер, структурирование, свойство, полиакриламид, эксперимент, функционал группа, концентрация.

A.N. Sheraly[1], M.S. Kalmakhanova[1], Daniel D. Snow[2], R.B. Zharlykapova[1]

[1] M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
[2]University of Nebraska, Lincoln, USA

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF BASE POROSITY ON THE STRENGTH OF ADHESIVE JOINTS

Abstract. Agriculture is one of the most important sectors of the economy. Therefore, it is necessary to develop agriculture in different ways. In this regard, high fertility of the soil used in agriculture plays a large role. Soil fertility depends on its location, structure and composition, properties, type.

Currently, the increase in soil fertility is carried out in various ways. In particular, it is necessary to be able to effectively use chemically modified natural, artificial and synthetic compounds - water -soluble polymers - in the implementation of artificial improvement of the soil structure. Therefore, the regulation of the properties of water -soluble polymers, especially polymers used to increase soil fertility, is a scientifically important experimental direction.

Keywords: soil, fertility, water-soluble polymer, structuring, property, polyacrylamide, experiment, functional group, concentration.

References

1. Asanbayev I.K., Faizov K.SH. Pochvovedeniye s osnovami ekologii i geografii pochv [Soil science with the basics of ecology and geography of soils]: textbook. – Almaty: Kazakh University, 2007. – 218 p., [in Russian].
2. Vronskiy V.A. Prikladnaya ekologiya[Applied ecology]: textbook. – Feniks, 2004, [in Russian].
3. Kas'yanenko A.A. Pochvovedeniye [Soil science]. – Moscow: Infra, 2004, [in Russian].
4. Reymers, N.F. Pochvovedeniye: teoriya, zakony, pravila, printsipy i gipotezy [Soil science: theory, laws, rules, principles and hypotheses] // Moskva [Moscow], 2004. Vol. 6. P. 289, [in Russian].
5. Davlyud D.N., Vorob'yov P.D., Lipay YU.V., Vorob'yova Ye.V., Bucha S.V., Chernikova A.R. Gidrodinamicheskiye i adsorbtsionnyye svoystva anionnykh sopolimerov akrilamida v vodno-solevykh sredakh [Hydrodynamic and adsorption properties of anionic acrylamide copolymers in water-salt media] // Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya khimicheskikh nauk [News of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Sciences Series], 2019. Vol. 55. No. 4. P. 455-463, [in Russian].
6. Asanov A.A., Bazarkhankyzy A. Suda yeritín polimerlerdíň funktsional toptarynyň kˌūramy men türleríníň topyrakˌty kˌūrylymdaushy kˌabíletíne əserí [Influence of the composition and types of functional groups of water-soluble polymers on soil structuring ability] // 2nd International Scientific Conference “Theoretical and Applied Sciences in the USA”. – New York, USA, 2015. P. 237-246, [in Kazakh].
7. Zhatkanbayev Ye., Zhakypbekova N., Bishímbayev U. Zerttelushí «GUPER» seriyaly sopolimer yerítíndísímen topyrakˌ agregattaryn öňdeu kezínde olardaġy suġa beríktík özgerísín anykˌtau [Researcher Determination of water resistance change in soil aggregates during processing with "GUPER" series copolymer solution] // Ízdenís [Search], 2009. No. 1. P.7-9, [in Kazakh].

ҒТАМР 61.31.41

Д.А. Кулбаева[1] – *негізгі автор*,
Г.А. Сейтбекова[2], А. Шолақ[3],
А.Н. Нұрлыбаева[4], Н.С. Мурзакасымова[5]

[1,5]*Магистр, аға оқытушы*, [2,3]*Техн. ғылым. канд.*, [4]*PhD*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0004-9225-9809* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7087-7180*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-9904-9979* [4]*https://orcid.org/0000-0003-0329-6137*

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

[1]*dikush63@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/YXJV4184

ӨНДІРІС ҚАЛДЫҒЫ ФОСФОГИПСТІ ҚҰРЫЛЫСТА ГИПС БАЙЛАНЫСТЫРУШЫ МАТЕРИАЛ РЕТІНДЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Өндіріс қалдығы фосфогипсті қайта өңдеп кәдеге пайдалану мүмкіншіліктері анықталды. Фосфогипсті пайдалануға байланысты мәселелерді шешу, кейбір жағдайларда, құрамында фосфоры бар тыңайтқыштар өндіретін жаңа кәсіпорындарды салу және жұмыс істеп тұрған кәсіпорындарды кеңейту немесе одан әрі пайдалану шарттары қарастырылды. Өндірістегі үйіндіден алынған фосфогипстің химиялық құрамы мен ауыр металдармен фосфогипстің химиялық құрамдары анықталды. «Өндіріс қалдығы фосфогипсті құрылыста гипс байланыстырушы материал ретінде зерттеу және қолдану» тақырыбы бойынша зерттеулер жүргізілді. Фосфогипстен гипс байланыстырушы материалды жасау бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізіліп зерттелінді. Жүргізілген зертхананың, сондай-ақ сыналатын материалдардың, үлгілердің және аспаптардың температурасы талап бойынша сақталынып отырды. Бөлмедегі температура, салыстырмалы ылғалдылықпен тұрақталынып отырды. Өндіріс қалдығы фосфогипсті құрылыс материалдарына пайдалану мүмкіншілігі қарастырылды. Тұтқырдағы металл қоспаларының мөлшерін анықтау және меншікті бетінің ауданын анықтау бекітілген әдістемелік нұсқаулықпен жасалынып анықталды.

Тірек сөздер: фосфогипс, экстракция, пульпация, фосфарит, арбитраж, сынама.

Кулбаева, Д.А. Өндіріс қалдығы фосфогипсті құрылыста гипс байланыстырушы материал ретінде зерттеу [Мәтін] / Д.А. Кулбаева, Г.А. Сейтбекова, А. Шолақ, А.Н. Нұрлыбаева, Н.С. Мурзакасымова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.246-254. https://doi.org/10.55956/YXJV4184

Кіріспе. Фосфор қышқылы фосфор тыңайтқыштарын, жемшөп қоспаларын және басқа да фосфор өнімдерін өндірудің негізгі шикізаты болып табылады. Қазіргі уақытта фосфатты тау жынысын дүниежүзілік тұтыну жылына 150 миллион тоннадан асады. Минералды тыңайтқыштар өндірісінде фосфатты жыныстың 85%-ға жуығы пайдаланылады. Фосфорлы тыңайтқыштар технологиясы табиғи фосфатты қышқылмен бөлуге негізделген. Фосфор тыңайтқыштарын алудың ең тиімді жолы – фосфаттарды фосфор қышқылымен өңдеу, өйткені бұл жағдайда концентрлі тыңайтқыштар

алынады. Сондықтан фосфорлы тыңайтқыштарды өндірудің негізгі шикізаты фосфор қышқылы болып табылады. Фосфор қышқылын алудың екі негізгі әдісі бар: экстракция және жылу.

Минералды тыңайтқыштар өндіретін кәсіпорындар ондаған миллион тонна қалдық шығарады. Фосфор минералды өңдеу өнеркәсібі орналасқан Жамбыл облысында қоршаған ортаны ластаушы зат болып табылады.

Фосфогипс «Қазфосфат» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің құрамына кіретін минералды тыңайтқыштар зауытының өндірістік қалдығы екені белгілі. Бүгінде бұл қалдық көлемі 15 миллион тоннаға жеткен. Сонымен қатар, жақында ЭФҚ екінші өндіріс орны ашылды. Бұл фосфогипс қалдығының едәуір екі еселенетінін көрсетеді.

Бүгінгі таңда Қазақстанда және ТМД елдерінде фосфор қышқылдары (ЭФҚ) негізіндегі суда еритін P_2O_5 бар қарапайым және күрделі тыңайтқыштар фосфатты заттарды күкірт қышқылымен экстракциялау арқылы өндіріліп, өңделеді. Алынған кальций сульфаты процестің температурасына және сұйық фазадағы P_2O_5 концентрациясына байланысты дигидрат, гемигидрат немесе ангидрит түрінде кристалданады.

P_2O_5 есебінен жанама өнім ретінде түзілетін кальций сульфаты дигидрат немесе гемигидрат (ерітілмеген фосфат, жуылмаған фосфор қышқылы, кристалданған P_2O_5) фосфогипс және фосфогемигидрат деп аталады. Дегенмен, тасымалдау, сақтау және пайдалануды ескере отырып, бұл екі өнім көбінесе фосфогипс және құрғақ дигидрат деп аталады.

Фосфогипс – концентрленген, қарапайым және күрделі тыңайтқыштар өнеркәсібінің үлкен және өте ауыр қалдықтары. Кейбір зауыттарда өндірілетін фосфогипс мөлшері өте жоғары деңгейге жетті. Мысалы, «Казфосфат» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі толық өндірістік қуаттылықпен жылына 2,0 млн тоннаға жуық фосфогипс құрайды. Фосфор тыңайтқыштары өнеркәсібі дамыған сайын фосфор тыңайтқыштарын қолдану көптеген себептерге байланысты маңыздырақ бола түседі:

– фосфогипсті жинау және сақтау жоғары инвестициялық және пайдалану шығындарымен байланысты;

– фосфогипс қорын құру үшін кейде егістікке жарамды үлкен жерлерді тазарту керек. Фосфогипсті полигондарда сақтау немесе сұйылтылған фосфогипс қоспаларын залалсыздандыру және полигондарға дұрыс тастау қоршаған ортаға зиянын тигізеді.

Фосфогипс шөгінділерінің қоршаған ортаға теріс әсері атмосфералық ауаның, жер асты және жер үсті суларының топырақ пен өсімдіктердің токсиканттарымен ластануынан, сондай-ақ жауын-шашын мен эрозиядан туындайды. Осылайша, құрғақ сақтау кезінде (алдын ала бейтараптандырусыз) фосфогипс газ фазасында орта есеппен 0,1% фторды, ал үйіндідегі шаңның тоннасына орташа есеппен 10 грамм фторды (шаң шығарындылары) бөледі; (радиусы 1,5 км-ге дейін) фторидтің шамамен 10% (зерттеу компанияларының мәліметтері бойынша) жаңбырмен шайылады [1].

Сондықтан кейбір жағдайларда фосфогипсті қолдану фосфорға бай тыңайтқыштар өндіру мәселесін шешудің шарты болып табылады. Қолданыстағы өндірістерді кеңейту немесе қосымша пайдалану үшін жаңа зауыттар құру.

Фосфогипсті қайталама шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігі табиғи гипс сияқты табиғи шикізатты алмастыра алатыны дәлелденді. ТМД елдерінің құрылыс және ауыл шаруашылығы материалдары өнеркәсібіндегі сұраныс жылына 20 млн тоннаға жетеді.

Гипс қосылған қалдықтар – ылғалдылығы 20-70% ылғалды ұнтақ немесе өзіне тән иісі мен түсі бар ауыр материал. Бұл дигидрат, гемигидрат, ангидрит кристалдарынан тұратын ұсақ ұнтақ. немесе құрғақ күйінде араласқан Химиялық қалдықтардың қасиеттері жуылмаған қышқылдардың және олардан алынатын арнайы заттардың реакциялық қабілеті мен сапасына әсер етеді. Өндірістік қалдықтарды пайдалануға әсер ететін гипс байланыстырғыштарына құрамында гипсі бар қалдықтардағы фосфогипс фосфоамигидрат жатады. Титаногипс, боргипс, фторгипс витаминін өндіретін гипс, қазір тек фосфогипс қолданылады [2].

Фосфогипс – минералдарды – апатит немесе фосфоритті күкірт қышқылымен өңдеу арқылы алынған экстракциялық фосфор қышқылы өндірісінің қалдық өнімі 1 формула бойынша көрсетілген:

$$Ca_5(PO_4)_3F + 5H_25O_4 + 10H_2O = 5CaSO_4 * 2H_20 + 0,5H_2F_2 + 3H_3PO_4 \quad (1)$$

Құрғақ дигидрат ретінде есептелген 1 тонна P_2O_5 үшін 4,3-5,7 тонна фосфогипс алынады. Фосфор – 20-40% ылғалды саз. Кептірілген ұнтақ көк түсті. Шаңның орташа тығыздығы 400-500, ал лайдың тығыздығы 600-900 кг. Құрылу жағдайларына байланысты кристалдар ине тәрізді, ұзындығы 20-80 мкм, ені 100 мкм, ұзындығы бірнеше жүз мкм. Олар негізінен түйіршікті агрегаттарды құрайды. Фосфордың меншікті ауданы 300-350 $м^2$/кг.

Фосфогипстің негізгі химиялық қосылысы кальций сульфаты дигидраты болып табылады және оның мөлшері 98%-ға дейін 1-ші сортты гипске сәйкес келеді. Фосфордың негізгі қосылысы P_2O_5 фосфор ангидриді [3]. Фосфор ангидридінің бір бөлігі бос, ал кейбіреулері аз еритін фосфатпен байланысады. Фосфогипс құрамында аз мөлшерде алюминий, темір, кальций және натрий оксиді, сондай-ақ ерімейтін күкірт, CaF_2 және H_2SiF_6 бар. Қоспалар цементті байланыстырғыштардың қасиеттеріне шешуші әсер етеді, өйткені фосфолипидтердің құрамында су қосылыстары көп болса, беріктігі қалыпты байланыстырғыштарды алу мүмкін емес.

Бүгінгі таңда тасу мен сақтау үшін көп капиталды қажет ететін фосфаттар сияқты гипсі бар қалдықтар бар. Сонымен қатар, қалдықтарды көму кезінде қоршаған орта ластанады, оны қорғау біздің еліміздің экономикасының маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл мәселенің шешімі – құрамында гипсі бар қалдықтарды пайдаланудың ең қолайлы жолын табу. Алып өнеркәсіп фосфаттар мен басқа да қалдық материалдардың негізгі тұтынушысына айналуы керек, өйткені олар табиғи гиганттардан екі есе көп және оларды игеру үшін көп қаражат қажет.

Фосфорды шикізат ретінде кеңінен қолдануға кедергі келтіретін негізгі мәселелер ластану, жоғары ылғалдылық және дисперсия болып табылады. Суда еритін P_2O_5 ластаушы заттар мен фторлы қосылыстардан фосфорды жою үшін әртүрлі әдістер қолданылады. Мысалы, фосфогипс әк сүтінің сулы ерітіндісімен немесе портландцементпен өңделеді. Бұл жағдайда фосфат $Ca_3(PO_4)_2$ -ге айналады, ал күрделі фторидтер CaF, ерімейтін кремний және алюминий болып табылады. Фосфорды кейде күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісімен жуып, фосфор бөлшектерінің бетіне бекітілген фосфатты қосылыстарды кетіруге көмектеседі. Фосфордың кристалдық торының қосымша шығарындылары фосфорды суды тазарту кезінде қоспалардың сулы ерітінділерінде сусыздандыру кезінде пайда болады [4].

Фосфогипс қайта өңдеу арқылы жойылады. Фосфогипстің ылғалдылығы жоғары, сондықтан қыста қатып, жазда кеуіп қалады. Бұл көліктерді түсіру

орындарында тиеуді, тасымалдауды және түсіруді қиындатады. Сондықтан өнеркәсіпте тиімді пайдалану үшін фосфогипс түйіршіктелген болуы керек. Түйіршіктеу екі жолмен жүзеге асырылады: жартылай кептірілген фосфогипстің адгезиялық қасиеттерін қолдану және үлкен өлшемді орташа өлшемді пластиналар, шағын пластикалық пластиналар, үлкен бетон блоктары, гипс, гипс талшықтары үшін байланыстырушы қоспаларды қолдану. Парақтар, әрлеу, дыбыс жұтатын панельдер. Құрамында гипсі бар қалдықтардан (фосфогимс) алынған байланыстырғыштар жол құрылысында, минералды өңдеуде және ГКП байланыстырғыш өндірісінде қолданылады. Орташа және ұсақ түйіршікті құрылыс бұйымдарын өндіруде G-2-ден G-7-ге дейінгі стандартты, жылдам және баяу қатайтқыштар қолданылады. Қабырғасы жұқа немесе сәндік бұйымдарды өндіру үшін – бір маркалы тез және стандартты қатайтқыштар, бірақ орташа немесе ұсақ ұнтақтаумен байланыстыру мөлшері 0,2%-дан аспайды, металл қоспаларының мөлшері 1 кг. Тұтқыр 8 мг аспауы керек. Тұз қышқылында ерімейтін қоспалар 1% аспауы керек.

Жоғары сапалы байланыстырғыштарға ең аз G-5 сортты байланыстырғыштар, тұз қышқылында еритін қосылыстар және G-2-02 қалыпты және ұзын байланыстырғыштардан резервуарлардағы максималды қалдығы 12%-25% аспайтын байланыстар кіреді. Эректильді кідірту беті жеткілікті күшті және өңделген. Бұл сондай-ақ қалыптау үшін қолданылатын керамикаға, фарфорға және т.б

Жұмыстың маңыздылығы: Фосфор қалдықтары үлкен аумақты алып жатыр. Кейде ол ауыл шаруашылығы аймақтарын қамтиды. Ал ірі көлемдегі өндірістік қалдықтарды кәдеге жарату қоршаған ортаға кері әсер етуде.

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты фосфогипсті құрылыс материалы ретінде пайдаланудың орындылығын зерттеу.

Жұмыстың өзектілігі фосфогипсті құрылыс материалы ретінде пайдаланудың экономикалық және экологиялық проблемаларын шешу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Сынақтар жүргізілетін бөлменің, сондай-ақ сыналатын материалдардың, үлгілердің және аспаптардың температурасы (293±3)К (20±3)°С сақталынып отырылады. Бөлмедегі салыстырмалы ылғалдылық (65±10)% тұрақталынып отырылады. Бөлменің температурасы мен ылғалдылығы күнделікті жұмыс журналында жазылады [5].

1. Сынама алу және үлгіні дайындау

1.1. Таңдау әдісінің мәні тестілеуге орташа үлгіні дайындау болып табылады

1.2. Сыналатын байланыстырғыштың әрбір партиясынан салмағы 10-нан 15 кг-ға дейінгі сынама алынады. Өндіріс зауытында жоспарлы бақылау кезінде, ең алдымен материал ағынынан жеке сынамалар оны буып-түю немесе үйіп жөнелту алдында алынады. Тұтқыр қаптамасыз жеткізілген кезде үлгіні төрт жерден бірдей бөліктерде көліктерден тікелей алынады. Қаптарға оралған байланыстырғышты жеткізу кезінде 10 қаптан сынама алынады; әрбір қаптың ортасынан салмағы 1,0-ден 1,5 кг-ға дейінгі сынама алынады.

1.3. Таңдалған үлгі мұқият араластырылады, содан кейін одан сынау үшін төртке бөлу арқылы салмағы 5-тен 7 кг-ға дейінгі соңғы үлгі алынады, ол екі тең бөлікке бөлінеді және жабық ыдыстарда сақталынады.

1.4. Соңғы үлгілердің бірі сынау үшін пайдаланылады, екіншісі арбитраж ретінде (293 ± 3)К (20 ± 3)°С температурада сақталынады.

2. Ұнтақтаудың жұқалығын анықтауӘдістің мәні тордың өлшемі 0,2 мм електен өткеннен кейін қалған гипс байланыстырғыштың массасын анықтау болып табылады.

2.2. Ұнтақтаудың жұқалығын анықтау үшін қолданылған заттар:

– кептіру шкафы;

– ГОСТ 24104-80 бойынша 0,05 г дәлділігімен өлшеу қателігімен техникалық таразылар;

– ГОСТ 3584-73 бойынша мөлдір өлшемі 0,2 мм ұяшықтары бар елеуіш;

– 373 К (100°С) дейінгі шкаласы бар термометр;

– механикалық електен өткізуге арналған қондырғы.

2.3. Массасы 50 г, қателігі 0,1 г аспайтын өлшенген және пеште (323±5)К (50±5)°С температурада 1 сағат бойы алдын ала кептірілген байланыстырғыштың үлгісін елекке құйып және қолмен електен өткізіледі. Қолмен елеу кезінде електен 1 минут ішінде 0,05 г-нан байланыстырғыш өтсе, електен өткізу аяқталған болып саналады. Жеке үлгінің ұнтақтау жұқалығы електе қалған массаның бастапқы үлгінің массасына қатынасы ретінде 0,1%-дан аспайтын қателікпен пайызбен анықталады. Екі сынау нәтижелерінің орташа арифметикалық мәні ұнтақтау жұқалығының мәні ретінде алынады.

Сынақ бөлмесінің температурасы және сыналатын материалдардың, үлгілер мен құралдардың температурасы (293±3)К (20±3)°С деңгейінде сақталады. Бөлменің салыстырмалы ылғалдылығы (65±10%) көрсетілген. Зерттеу бөлменің температурасы мен ылғалдылығы күнделікті жұмыс журналдарында жазылады.

1. Сынама алу және дайындау.

1.1. Таңдау процесінің қысқаша сипаттамасы. Орташа үлгілерді талдауға дайындау.

1.2. Әрбір үдеткіштен 10-15 кг сынама талданады. Тұрақты зауыттық тексерулер кезінде үлгілер қаптамаға немесе жаппай жөнелтуге дейін материал ағынынан алынады. Жедел жеткізу үшін көліктен бірдей сома алынады. Қаптағы байланыстырғыштар таратылған кезде 10 қаптан үлгі алынады. Әр қаптың ортасынан 1,0-1,5 кг үлгі алынады.

1.3. Таңдалған үлгіні жақсылап араластырғаннан кейін талдау үшін төрт бөлікке бөледі де, салмағы 5-7 кг соңғы үлгіні алып, екіге бөліп, жабық ыдыста сақтайды.

1.4. Соңғы үлгілердің бірі талдау үшін пайдаланылады, ал екіншісі (293±3)К (20±3)°С сүзгі ретінде сақталады.

2. Ұнтақтаудың жұқалығын анықтау.

2.1. Әдістің қысқаша сипаттамасы 0,2 мм електен өткеннен кейін қалған гипстік байланыстырғыш материалдың массасын анықтау.

2.2. Өлшемдердің дәлдігін анықтау үшін қолданылатын материалдар:

– Кептіргіш пеш;

– ГОСТ 24104-80 бойынша 0,05 г өлшеу қателігі бар техникалық стандарттар;

– ГОСТ 3584-73 бойынша ұяшық бөлшектер 0,2 мм.;

– 373 К (100°С) температура өлшейтін термометрі;

– Механикалық қондырғыдан өткен жабдықтары.

Пеште 2,3 (323±5)К (50±5)°С температурада 1 сағат кептіргеннен кейін, 0,1 г үлгіні 50 г ағаш елекке құйып, таңдайды. Қолмен сынау кезінде 0,05 г қысқыш арқылы 1 секунд өткенде сынақ аяқталды деп есептелді. Қалдық масса

үлгі массасының бір бөлігі ретінде анықталады, ал үлгі қателігі 0,1% аспайды. Екі сынақ нәтижесінің есептелген орташа мәні дәлдік мәні ретінде қабылданады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Өндірістегі үйіндіден алынған фосфогипстің химиялық құрамы 1-кесте мен ауыр металдармен фосфогипстің химиялық құрамдары 2-кестеде анықталды.

Кесте 1

Үйіндіден алынған фосфогипстің химиялық құрамы (құрғақ зат бойынша,%)

Сынама	P_2O_5 жалпы	P_2O_5 сулы	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_4	жалпы	F сулы	K_2O	Na_2O	pH 1%
1	0.73	0.08	32.21	жоқ	0,094	0,18	52,31	0,19	0,06	0,41	0,08	6,25
2	0.73	0.07	31.52	жоқ	0,25	0,20	48,25	0,28	0,11	0,35	0,14	6,51
3	0.71	0.06	30.87	жоқ	0,20	0,19	47,61	0,15	0,10	0,50	0,20	6,37

Кесте 2

Ауыр металдармен фосфогипстің химиялық құрамы (құрғақ зат бойынша,%)

Сынама	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr	Mn	Cu	As
1	0.0030	жоқ	0,073	0,0009	0,0028	жоқ	жоқ	0,00032
2	0.0028	жоқ	0,0056	0,0007	0,0020	жоқ	жоқ	0,00041
3	0.0026	жоқ	0,0064	0,0009	0,0027	жоқ	жоқ	0,00028

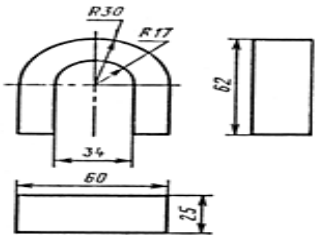
1-ші және 2-кестелерде анықталған көрсеткіштері бар заттардың антикоррозиялық, сіңімділіктерімен, тез және қатты қатаюлық, байланыстырғыш қасиетіліктерімен анықталады.

Фосфогипстен гипс байланыстырушы материалды жасау бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілді. Жасалынған жұмыстар қолданылған әдебиеттердің әдістемелік нұсқауларынан қолданылып жасалынды. Жұмыстар келесідей жүргізілді:

3. Тұтқырдағы металл қоспаларының мөлшерін анықтау

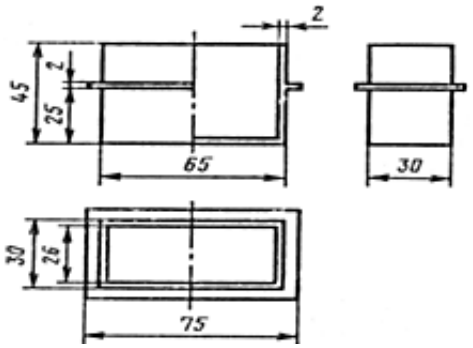
3.1. Жабдық

– ЮН 13 ДК24 таға тәрізді қорытпасынан жасалған тұрақтылы магнит; Магниттік индукциясы 120 мТ ГОСТ 17809-72 1-суретте көрсетілген;



Сурет 1. Таға тәрізді магнит

– плексиглас магниттің ұштарын киюге арналған қондырғысы 2-суретте көрсетілген;



Сурет 2. Саптама

– плексигласспен немесе шынымен қапталған - 1000×500 мм өлшемді жақтары бар тақтайша;

– ГОСТ 23676-79 және ГОСТ 24104-80 бойынша қолданылатын таразылар;

– тегістеуге арналған өнімді араластыратын шпатель;

– сағат әйнегі.

3.2. Сынақ өткізу

Жалпы үлгіден салмағы 1 кг үлгісі алынып, ол тақтаға құйылады және қалыңдығы 0,5 см-ден аспайтын қабатта байланыстырғыш шпательмен тегістелінді. Жабысқан байланыстырғышы бар металл қоспаларының бөлшектері саптаманы алу арқылы магниттен мерзімді түрде жойылады және ақ қағаз парағына құйылады. Металл қоспаларын бөлу алты рет қайталанады. Әрбір оқшаулау алдында сынақ байланыстырушы араласады және жұқа қабатқа таралады. Металл қоспалары жабысатын байланыстырғыштан бөлінген материал орналасқан қағаздың артқы жағында магнитті жылжыту арқылы бөлінеді. Металл қоспаларын бір жерде шоғырландырғаннан кейін олар сағат шынысына ауыстырылады. Сағат шынысына жиналған металл қоспасы 0,0002 г аспайтын қателікпен аналитикалық таразыда өлшенді.

Бүкіл үлгіден 1 кг сынамалар алынды, пластинаға құйылды, қалыңдығы 0,5 см ғана байланыстыратын қабаттың қырғышымен тегістелді, саптамаға және ақ қағазға құйылды. Металл қоспасын бөлу алты рет қайталанды. Әрбір изолятордың алдында сынақ қоспасы араласады және жұқа қабатқа таралады. Металл қорытпасы жабысқақ байланыстырғыштан бөлініп, бөлінген материал орналасқан қағаздың артқы жағына магнитті түрде тасымалданады. Қорытпалар бір жерде шоғырланғаннан кейін сағат шынысына ауыстырылады. Сағат кристалында жиналған металл құрамы 0,0002 граммнан аспайтын қателікпен аналитикалық таразыда өлшенді.

Нәтиже: 0,005 мг.

4. Меншікті бетінің ауданын анықтау

4.1. Құрылғы

Қабат арқылы ауаның кедергісін өлшеуге негізделген белгіленген қалыңдығы мен көлденең қимасының ауданындағы байланыстырғыш ADP-1 (PSKH-2) құрылғысына бекітілген нұсқауларға сәйкес.

Тығыздық мәні есептеулерді орындау үшін алынды:

– гипс шикізатынан – 2,3 г/см^3 алынды;

– құрылысқа, қалыптау гипсіне – 2,65 г/см^3 алынды;

– техникалық гипс үшін – 2,75 г/см^3 алынды.

Нәтиже: 9,67%.

Қорытынды. Жұмыс өндіріс қалдығы фосфогипстен құрылыста гипсті байланыстырғыш ретінде қолдану бойынша зерттеулер жүргізілген. Минералды зауыты қалдығы фофогипсті өңдеу арқылы фосфогипстен құрылыс гипсті байланыстырғыш ретінде пайдалану жолдары берілген. Өндірістегі үйіндіден алынған фосфогипстің химиялық құрамы мен ауыр металдармен фосфогипстің химиялық құрамдары анықталды. Барлық талаптар мен қажетті стандарттарға сәйкес келетін құрылысқа лайықты материал алу үшін фосфогипстен жасалған гипс арқалықтарының алынған үлгілерінің механикалық беріктігіне талдаулар жүргізілді. Болашақта қосымша сынақтар жоспарлануда.

Әдебиеттер тізімі

1. Алдашов, Б.А. Утилизация отходов переработки фосфоритов Каратау – путь к конкурентоспособной экономике и оздоровлению экологии [Текст] / Б.А. Алдашов, В.И. Лисица. – Алматы: Гылым, 2007. – 428 с.
2. Копылев, Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты [Текст] / Б.А. Копылев //Л.: Химия. – 1981. – 224 с.
3. Ферронской, А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). [Текст]: справочник / А.В. Ферронской. – Изд-во АСВ. –2004. – 26 с.
4. Солдаткин, С.И. Проблемы использования фосфогипса в дорожном строительстве [Текст] / С.И. Солдаткин, А.Е. Хохлов // Инженерная геология. – 2019. – С. 58-61.
5. Сакович, А.А. Переработка фосфогипса на ангидритовое вяжущее и сульфоалюминатную добавку к цементу [Текст] / А.А. Сакович, А.А. Мечай, М.В. Новик // Химия и технология неорганических веществ. –2008. – С. 134-138.

Материал редакцияға 15.04.24 түсті.

Д.А. Кулбаева[1] , Г.А. Сейтбекова[1], А. Шолак[1], А.Н. Нурлыбаева[1], Н.С. Мурзакасымова[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Определены возможности переработки и использования отходов фосфогипсового производства. Рассмотрены условия решения проблем, связанных с использованием фосфогипса, в ряде случаев строительство новых предприятий по производству фосфорсодержащих удобрений и расширение или дальнейшее использование существующих предприятий. Определен химический состав фосфогипса, полученного из промышленных отходов, и химический состав фосфогипса с тяжелыми металлами. Проведены исследования на тему «Исследование и использование отходов производства фосфогипса в качестве гипсового вяжущего в строительстве». Велись научно-исследовательские работы по производству гипсового вяжущего материала из фосфогипса. Поддерживалась необходимая температура проводимой лаборатории, а также испытуемых материалов, образцов и инструментов. Температура и относительная влажность в помещении стабилизировались по требованиям. Рассмотрена возможность использования отходов производства фосфогипса в качестве строительных материалов. Определение количества примесей

металлов в связующем и определение удельной поверхности определяли по утвержденным методическим указаниям.

Ключевые слова: фосфогипс, экстракция, пульпация, фосфорит, арбитраж, проба.

D.A. Kulbaeva[1], G.A. Seitbekova[1], A. Sholak[1], A.N. Nurlybaeva[1], N.S. Murzakasymova[1]

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

RESEARCH OF INDUSTRIAL WASTE PHOSPHOGYPSUM AS A GYPSUM BINDING MATERIAL IN CONSTRUCTION

Abstract. The possibilities of processing and using waste from phosphogypsum production have been determined. The conditions for solving problems associated with the use of phosphogypsum are considered, in some cases the construction of new enterprises for the production of phosphorus-containing fertilizers and the expansion or further use of existing enterprises. The chemical composition of phosphogypsum obtained from industrial waste and the chemical composition of phosphogypsum with heavy metals have been determined. Research was conducted on the topic “Study and use of phosphogypsum production waste as a gypsum binder in construction”. Research work was carried out on the production of gypsum binder material from phosphogypsum. The temperature of the laboratory, as well as the tested materials, samples and instruments, was maintained at the required temperature. The temperature and relative humidity in the room have stabilized. The possibility of using phosphogypsum production waste as building materials is considered. Determination of the amount of metal impurities in the binder and determination of the specific surface area were determined according to approved guidelines.

Keywords: phosphogypsum, extraction, pulpation, phosphorite, arbitration, sample.

References

1. Aldashov B.A., Lisitsa V.I. Utilizatsiya otkhodov pererabotki fosforitov Karatau – put' k konkurentosposobnoy ekonomike i ozdorovleniyu ekologii [Disposal of Karatau phosphorite processing waste - the path to a competitive economy and environmental improvement]. – Almaty: Science, 2007. – 428 p., [in Russian].
2. Kopylev B.A. Tekhnologiya ekstraktsionnoy fosfornoy kisloty [Technology of extraction phosphoric acid] // L.: Chemistry, 1981. – 224 p., [in Russian].
3. Ferronskoy A.V. Gipsovyye materialy i izdeliya (proizvodstvo i primeneniye). [Gypsum materials and products (production and application)]: reference book. – Publishing house ASV, 2004. – 26 p., [in Russian].
4. Soldatkin S.I., Khokhlov A.Ye. Problemy ispol'zovaniya fosfogipsa v dorozhnom stroitel'stve [Problems of using phosphogypsum in road construction] // Inzhenernaya geologiya [Engineering Geology], 2019. P. 58-61, [in Russian].
5. Sakovich A.A., Mechay A.A., Novik M.V. Pererabotka fosfogipsa na angidritovoye vyazhushcheye i sul'foalyuminatnuyu dobavku k tsementu [Processing of phosphogypsum into anhydrite binder and sulfoaluminate additive to cement] // Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv [Chemistry and technology of inorganic substances], 2008. P. 134-138, [in Russian].

ҒТАМР 31.21.18

Е.Ж. Усипбекова[1] – *негізгі автор,*
Г.А. Сүлейменова[2], Г.А. Сейлханова[3] ©

[1]PhD, доцент м.а., [2]Докторант, [3]Хим. ғылым. д-ры, профессор

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-8367-1800 [2]https://orcid.org/0000-0002-2338-8453*
[3]https://orcid.org/0000-0002-9939-8316

[1,2,3]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Алматы қ., Қазақстан

[1]enlik.ussipbekova@gmail.com

https://doi.org/10.55956/QBVJ3910

САЗДАР НЕГІЗІНДЕ ИОНДЫҚ ӨТКІЗГІШТІГІ ЖОҒАРЫ ПОЛИМЕРЛІ ЭЛЕКТРОЛИТТЕР ЖАСАУ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта литий ионды батареялар үшін қатты электролиттердің дәстүрлі сұйық электролиттермен салыстырғанда кеңірек қолданысқа ие. Осыған байланысты иондық өткізгіштігі жоғары, қауіпсіз және механикалық төзімді мембраналар алу мақсатында ПВДФ, ДМФА, литий тұздары және әр түрлі толтырғыштар (каолин, бентонит) негізінде композициялық мембрана-сеператорлар алынды. Алынған мембрана-сеператорлардың келесі құрамы жақсы көрсеткішке ие болды: ПВДФ-LiF-каолин және ПВДФ-Li_3PO_4 – каолин, иондық өткізгіштері σ = 9 · 10^{-3} $Ом^{-1}$ $см^{-1}$ және σ = 11,3 · 10^{-3} $Ом^{-1}$ $см^{-1}$. Сканерлеуші электрондық микроскоп арқылы КПЭ-нің беттік морфологиясы зерттелді. Жоғары иондық көрсеткішке ие болған КПЭ-нің термофизикалық қасиеттері зерттеліп, термогравиметриялық қисықтар алынды. Зерттеу нәтижесінде алынған композиттік мембраналардың химиялық ток көзі үшін қолдануға болатындығы анықталды.

Тірек сөздер: мембрана-сепаратор, толтырғыштар, иондық тасымалдау, иондық өткізгіштік, батарея, химиялық ток көзі.

Усипбекова, Е.Ж. Саздар негізінде иондық өткізгіштігі жоғары полимерлі электролиттер жасау [Мәтін] / Е.Ж. Усипбекова, Г.А. Сүлейменова, Г.А. Сейлханова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.256-265. https://doi.org/10.55956/QBVJ3910

Кіріспе. Энергия өңдеу үшін мұнайды қолдану қоршаған ортаға айтарлықтай зиян әкеледі, сонымен қатар ол арқылы алынатын энергия шектеулі болып табылады. Осыған байланысты жел, ядролы және күн секілді қайта қалпына келетін энергия көздерін дамыту басты назарда. Алайда, олар да уақыттың өзгерісіне байланысты үздіксіз немесе үнемі энергиямен қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан ғалымдардың зерттеуі энергия көздерін үздіксіз болуын шешу үшін электр энергиясын жинақтау, сақтау қажеттігіне әкелді. Бүгінгі таңда техника мен технологияның қарқынды даму кезеңінде литий-ионды аккумуляторлардың қолдану аймағы кеңеюде, өйткені бірқатар техника тұрақты ток көзін беретін аккумуляторлар арқылы жұмыс жасайды. Тұрмыстық техникада, электр машиналарында, ұялы телефондар, ноутбуктер, сандық камералар, бейнекамералар және электромобильдер сияқты

құрылғылардағы батареялардың энергия сақтау қондырғыларының энергия көзі ретінде қолданылатын аккумуляторының басым түрі осы – литий ионды аккумуляторлар. Литий-ионды аккумуляторлардың энергия тығыздығы жоғары, олардың қызмет ету мерзімі өте ұзақ, тез зарядталады және баяу өздігінен зарядсызданады. Литий-ионды аккумуляторларға сұраныстың артуына байланысты ғалымдар да осы тақырып төңірегінде көптеген зерттеулер жүргізуде.

Литий-ионды аккумуляторлардың құрылымына келер болсақ төрт бөліктен тұрады: катод, анод, электролит және сепаратор, соның ішінде сепаратор иондарды тасымалдау үшін резервуар қызметін атқара отырып, катод пен анод арасын электрлік изоляциялайтын маңызды бөлік болып табылады [1-3]. Сондықтан батареялар дайындауда сепараторлар жасаудың маңызы зор. Сепараторға қойылатын талаптар: біріншіден, химиялық тұрақтылық: сепаратор материалы батарея толық зарядталған кезде қоршаған ортаның жоғары химиялық белсенділігі жағдайында электролит пен электрод материалдарына химиялық төзімді болуы керек; екіншіден, кеуектілік және кеуек мөлшері: сепаратордың әдеттегі кеуектілігі 40 пайызды құрайды. Егер кеуектілік үлкен болса, батареяны өшіру кезінде оның тесігін жабу қиын болуы мүмкін. Кеуектерде электролит болып, сол арқылы иондардың электродтар арасында қозғалуын қамтамасыз етуі қажет. Кеуектер біркелкі таралып, токтың да біркелкі таралуын қамтамасыз ететін бұралмалы құрылымға ие болуы керек; үшіншіден, ылғалдылық: ол толық сулануды қамтамасыз ететін электролитпен үйлесімді болуы керек және электролит циклдің қызмет ету мерзімін сақтай отырып, сепараторды үнемі сулай алуы керек; төртіншіден, қалыңдығы мен беріктігі: сепаратор батареяның қуаты мен меншікті қуатын ұстап тұру үшін жеткілікті жұқа болуы керек және орау процесінде созылуды немесе зақымдануды болдырмау үшін жеткілікті созылу беріктігіне ие болуы керек. Сепаратордың қалыңдығы химиялық жүйеге байланысты 25,4 мкм-ден 12 мкм-ге дейін болса, ұяшық қасиеттеріне нұқсан келтірмейді; бесіншіден, термиялық тұрақтылық және өшіру: сепаратор қалыпты жұмыс температурасында термиялық тұрақты болуы керек және термиялық шығарындылар пайда болатын температурадан сәл төмен температурада өшіруге қабілетті болуы керек [4].

Сепараторлардың аталған қасиеттерін жақсарту мақсатында ерекше жетістікке қол жеткізген тәсілдердің бірі ол бейрганикалық толтырғыштар, керамика [5-8], қатпарлы глина [9], органо-бейорганикалық гибритті материалдар [10] және мезакеуекті материалдар [11-13] қосу арқылы композиттік полимерлі электролиттер (КПЭ) дайындау болып табылады. Зерттеуден кейінгі мәліметтер толтырғыштарды қосқаннан кейін полимерлі электролиттердің бірқатар қасиеттерін артқанын байқатты. Сондықтан қатты полимерлі электролиттер қарапайым сұйық электролиттермен салыстырғанда тығыздығы төмен болып, қауіптілігі аз және тиімді болғандықтан жақсы балама болып табылады [14]. Соңғы кездері литий-ионды аккумуляторлар жүйелерінде мембрана-сепараторлар ретінде ең жиі қолданылатын олар полиэтилен (PE), полипропилен (PP) және олардың қоспалары (PE-PP) сияқты кеуекті полиолефинді мембраналар, олардың арзан, жақсы икемділігі, салыстырмалы түрде жоғары механикалық талаптарға ие беріктігі және термиялық тұрақтылығы, кеуекті құрылымы сепаратор дайындау үшін қажет қасиеттер болып табылады [15]. Алайда, полиолефин мембраналарының балқу температурасының төмен болуы оларды пайдалану кезінде қауіпсіздікке қауіп төндіреді, себебі батареялар жоғары температурада қолданылады [16,17].

Статистикалық талдауға сәйкес батареяның істен шығу себептері батареяның қауіпсіздігіне қатысты мәселелердің көпшілігі осы сепараторға байланысты болып келеді [18]. Сондықтан көптеген ғылыми зерттеулер барлық талаптарға сай келетін жақсы мембраналық сепараторларды таңдауды зерттеуге бағытталған.

Болашақта қайта зарядталатын батарея сепараторларына қойылатын талаптар жоғары болғандықтан, осындай қасиеттерге ие жетілдірілген сепараторларды дайындау, жаңа сепараторлық конструкцияларды әзірлеу, озық құрамды сепараторлар дайындау үшін қосымша зерттеулер қажет болғандықтан, осы жұмыста химиялық тоқ көздері үшін қолданылатын композициялық полимерлі электролиттердің алынуы және олардың физика-химиялық қасиеттері сипатталынды. Алынған қатты полимерлі электролиттердің иондық өткізгіштігік қасиетіне толтырғыш құрамының тиімділік әсері қарастырылды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысын жүргізу мақсатында органикалық еріткіш ретінде «хт» маркалы N,N диметилформамид (ДМФА); молекулалық массасы 534000 болатын «хт» маркалы поливинилиденфторид (ПВДФ), «хт» маркалы LiF тұзы; «хт» маркалы Li_3PO_4 тұзы; химиялық талдау үшін арналған «түт» маркалы бентонит, каолин сияқты материалдар мен реактивтер қолданылды.

Зерттеу нәтижесі алынған мембраналарды термиялық өңдеп, құрамындағы артық еріткіштер және ылғалды жою үшін ШС-80-01 МК СПУ кептіргіш шкафы қолданылды. Толықтырғыш бөлшектерінің полимердің ерітіндісінде бірдей таралуы үшін жылытуы бар Heidolph MR Hei-Standard магнитті араластырғышы пайдаланылды. Электрохимиялық қасиеттерін сипаттау үшін Metrohm AUTOLAB компьютерлік басқару станциялы потенциостат-гальваностат құрылғысы қолданылды. Алынған полимерлі мембраналардың беттік морфологиясы, материалдардағы фазалардың саны және олардың таралуы «JEOL JSM-IT200» сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен зерттелінді және электронды – микроскопиялық фотографиялар «JEOL JSM-IT200» сканерлеуші электронды микроскоп әдісімен алынды. Үлгілерді электронды микроскопияға дайындау, атап айтқанда үлгілерді асыл металдармен және көміртегімен шашырату үшін Q150T айналмалы эвакуациялық бүріккіш Quorum Technologies Ltd құрылғысы пайдаланылды. Магнетронды шашырату әдісі әртүрлі қолданбалы салаларда кеңінен пайдаланылатын әдіс: плазманы жасауға және металдарды жоғары кернеуде, төмен вакуумда және автоматтандырусыз буландыруға болады. Q150T қымбат металдарды шашуға арналған оңай ауыстырылатын 57 мм диск нысаналарын пайдаланады. Композициялық полимерлі электролит мембраналардың иондық өткізгіштік қасиетін анықтау үшін алдымен оның қалыңдығы бөлік саны 0,01 мм тең болатын микрометр қолданылды. Алынған мембрана-сеператорлардың жылулық қасиеттері және термиялық тұрақтылығын сипаттау NETZSCH STA 449F3 Jupiter синхронды термиялық талдау құрылғысы арқылы жасалған термогравиметрлік қисықтар арқылы жүргізілді.

Алынған полимерлі мембраналардың иондық өткізгіштігіне қабықшаның қалыңдығын мен жұмысшы көлемін ескере отырып алынған мембрананың кедергі шамасы арқылы есептеу жүргізілді. Мембраналардың көлемдік кедергісі гальваностатикалық импульстік әдіс арқылы қатты электролитте анықталынды. Зерттеу 30℃ температурада жүзеге асырылды.

Полимерлі мембраналардың иондық өткізгіштігінің мәндері Ом заңына негізделе отыры есептелінді:

Иондық өткізгіштік төмендегідей теңдеумен есептелінді:

$$\sigma = \frac{l}{R \cdot S} \qquad (1)$$

мұндағы: σ – иондық өткізгіштік, $Ом^{-1}см^{-1}$; l – мембрана қалыңдығы, см; S – жұмыс көлемі, барлық мембрана үшін 2,835 $см^2$ тең.

Алынған үлгілердің созылғыштық қасиетін анықтауда WDW-3 құрылғысы арқылы анықталды. WDW-3 әмбебап созуды сынау машинасы айтарлықтай жүктемелер кезінде, кернеу, қысу және иілу режимдерінде жоғары берік үлгілердің механикалық сынақтарын жүргізу кезінде стандартталған күш пульсациясының мәнін жасауға арналған.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жұмыс барысында алынған полимерлі мембраналардың иондық өткізгіштігін жоғарылату мақсатында құрамы әр түрлі толықтырғыштарды пайдаланып, алты түрлі композициялық полимерлі электролиттің (КПЭ) жұқа қабықшалары немесе мембрана-сеператорлар синдезделіп алынды. 1-кестеде алынған КПЭ-нің құрамы мен белгіленуі келтірілген.

Кесте 1

Синтезделінген мембраналардың құрамы

№	Полимер	Еріткіш	Литий тұзы	Толтырғыш
1	ПВДФ	ДМФА	LiF	-
2			Li_3PO_4	-
3			LiF	бентонит
4			LiF	каолин
5			Li_3PO_4	бентонит
6			Li_3PO_4	каолин

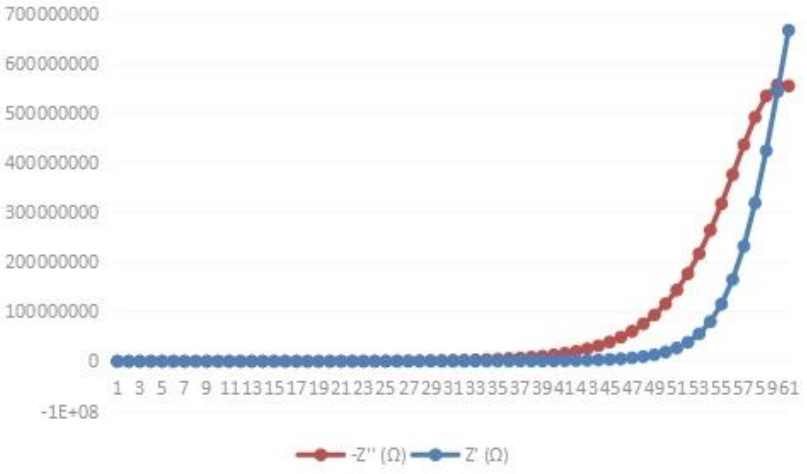
1-кестеде көрінгендей мембраналарды алу литийдің тұздарымен толтырғыштар қоспай және әр түрлі толтырғыштар қосылу арқылы жүзеге асырылды. 1-суретте алынған мембрана қабықшалары келтірілген. Ақ түсті қабықшалардың жұмсақ әрі серпімді болу себебі литий тұзы мембраналарға жұмсақтық қасиет беріп, полимер мен тұз арасында байланыстың қалыптасу кезінде, біріншісінің органикалық еріткішті сіңіруге немесе ауадан ылғал сіңіруге қабілеттілігімен байланысты болуы мүмкін.



Сурет 1. Композициялық полимерлі электролит қабықшалары

Алынған мембраналардың иондық өткізгіштік қасиетін анықтау үшін Metrohm AUTOLAB қондырғысы қолданылды, ол импульстік гальваностатикалық қисық арқылы жүзеге асырылып, ары Excel бағдарламасында график тұрғызылды.

Импульстік гальваностатикалық қисықтарды түсіріп алғаннан кейін импульстің басталуы мен аяқталуы кезіндегі потенциалдардың тік секірісі бойынша омдық кернеудің артуы байқалды. Алынған қисықтан R кедергі мәнін табу арқылы иондық өткізгіштік есептелінді (2-сурет).



Сурет 2. Композитті полимерлік мембрананың импульстік қисығы

Metrohm Autolab потенциостатында NOVA бағдарламасы арқылы график тұрғызылып, сол бойынша полимерлі мембрананың кедергісін пайдаланып иондық өткізгіштікті есептеу мәліметтері 2-кестеде көрсетілген.

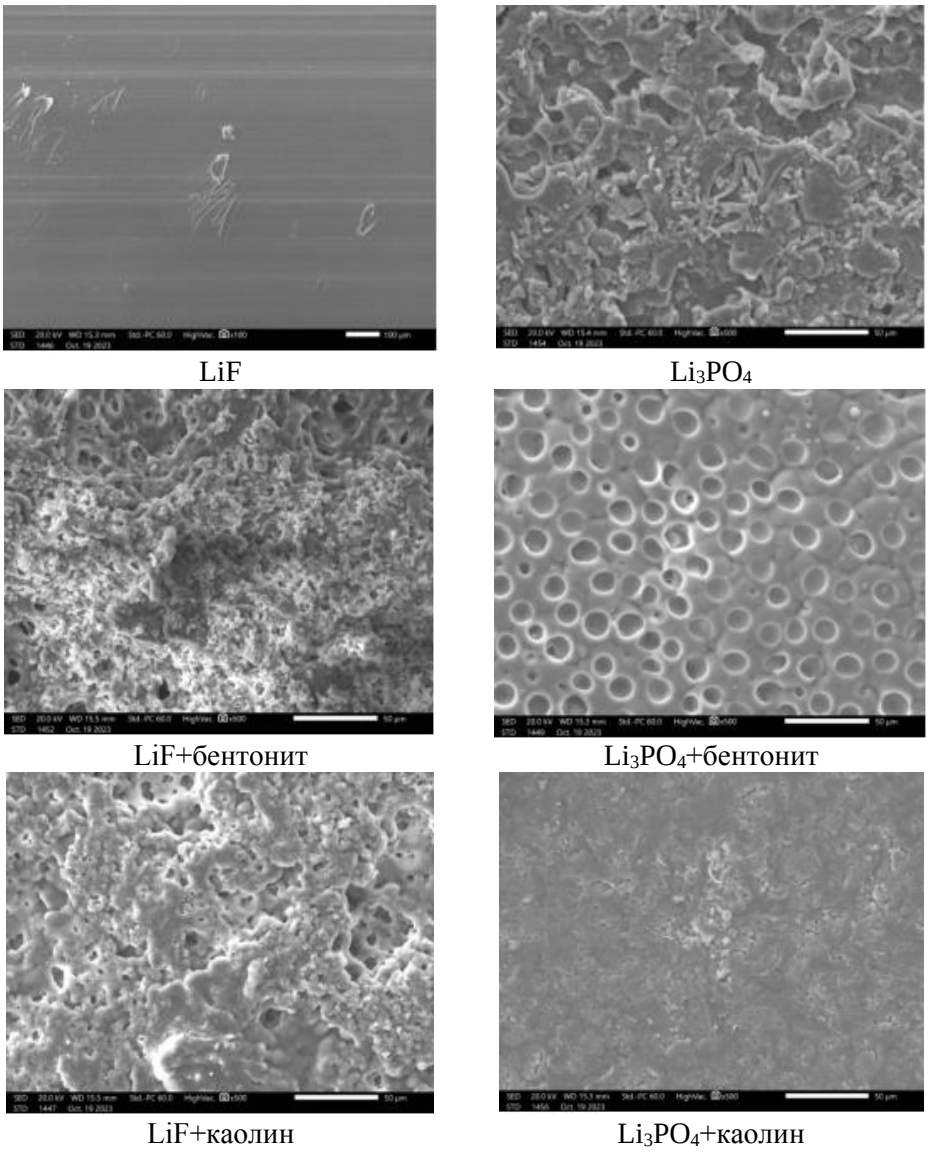
Кесте 2

КПЭ иондық өткізгіштікті есептеу мәліметтері

№	Толтырғыш	l, см	R, Ом	σ, $Ом^{-1}·см^{-1}$ (10^{-3})
1	LiF	0,012	0,541	2,8
2	Li_3PO_4	0,012	0,775	3,1
3	Li_3PO_4 + бентонит	0,011	0,748	5,1
4	LiF+ бентонит	0,011	0,775	3,6
5	LiF+ каолин	0,011	0,548	9,0
6	Li_3PO_4+ каолин	0,011	0,844	11,3

Содан кейін алынған полимерлі қатты электролиттер (қабықшалар) бетінің морфологиясы анықталынды. Аталған зерттеу әдісі қабықшалардың микроқұрылымдарының өзгерісіне толтырғыштар әсерін қарастыруға және электрохимиялық жүйелердегі электролиттердің қасиеттерін сипаттауға мүмкіндік береді. Толтырғыштың майда болып келетін кристалды құрылымы полимер көлеміне гетерогенді бөлшектерді енгізгенде литий катионы бойынша өткізгіштікті қамтамасыз ету және бөлшек беті арқылы заряд өткізу болып табылады, сол себепті каркас матрицаны беретін полимердің бетіне толтырғыштың бірдей келіп таралуы маңызды болып табылады. Әртүрлі

толтырғыштар арқылы синтезделіп алынған композитті полимерлі мембрана-қабықшалардың беттік морфологиясының 500 есе ұлғайтылған кескіндері 3-суретте келтірілген.

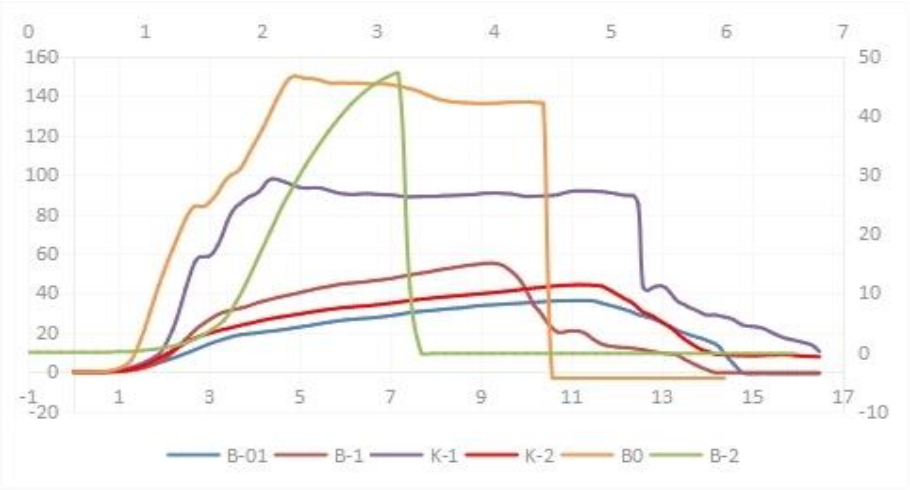


Сурет 3. Синтезделген композициялық полимерлі электролиттің беттік морфологиясы (500 есе ұлғайтылған)

Мембраналардағы полимерлер тығыз және глобулярлық тәрізді болып келеді. Сонымен бірге, зерттеу кезінде толтырғыш бөлшектері полимер қоспасына сәйкес болады деген болжам жасауға болады. Осындан литий фториді (LiF) қосылған үлгінің микросуреті гетерогенді фазаның кристалдарымен толтырылып, қуыс каналдары тығыз құрылымды болып келетінін көрсетеді. Сонымен қатар, бөлшектердің біраз бөлігі нанометрлі күйде полимер массасы ішінде таралған, ал ол өз кезегінде осыған ұқсас тығыз құрылымды қабықша алуға мүмкіндік береді.

Келесәі зерттеу нәтижелері композициялық полимерлі электролиттің морфологиялық құрылымын қарастырғанда толтырғыштар, атап айтқанда бентонит пен каолиннің қасиеттеріне сүйене отырып зерттеген кезде, глобулдардың өлшемі үлкейген сайын мембранадағы бос орындардың да көлемі үлкейетіні байқалған, бұл қабықша көлемінде сұйық заттың тұрып қалуына әсер етіп, «гель» тәрізді эффект пайда болуына әкеледі. «Гельдер» иондарды жақсы өткізу қабілетіне ие болып келеді, алайда глобулдың тиімді өлшемін анықтау маңызды болып табылады. Глобулдардың өлшемі артқан сайын, қуыс каналдардың кеңістігі де ұлғайып, бірақ белгілі бір шамаға келгенде, осы каналдардағы сұйық агентті ұстап қалу мүмкіндігі төмендейді. Глобулдардың өлшемі толтырғыш бөлшектерінің өлшеміне байланысты болатындығы бұрыннан белгілі. Алайда бұл процесс полимердің бөлшектермен белгілі бір қанығуы алдында орын алуы мүмкін. Полимердегі таралатын бөлшектердің концентрациясының жоғарылауы барысында глобул бетіне артық бөлшектер орналасуы мүмкін, одан кеуектердің каналдары жабылып, өткізгіштіктің төмендеуіне әкеп соғады.

Зерттеу барысында алынған қабықшалардың механикалық қасиетін сипаттау үшін WDW-3 қондырғысында оның созылғыштық қасиеті зерттелінді. Ол үшін қондырғыға 1×2 см көлемде үлгі өлшеніп алынып, одан кейін қондырғыға бекітілді. Компьютер бағдарламасы арқылы күш F пен үлгінің жұмыс бөлігінің абсолютті ұзаруы Δl арасында созылғыштық графигі тұрғызылды (4-сурет).



Сурет 4. Созылғыштық графигі (B-01 – Li_3PO_4, B-1 – LiF-бентонит, K-1 – LiF-каолин, K-2 – Li_3PO_4 - каолин, B-0 – LiF, B-02 – Li_3PO_4 - бентонит)

График бойынша 1 және 2 толтырғыштар қосылмаған үлгілер басқалармен салыстырғанда созылғыш екенін көруге болады, себебі бұл жерде полимердің қасиеті айқын байқалады. Ал толтырғыш қосылған басқа үлгілердің созылғыш қасиеті бөлшектердің біркелкі таралмауына байланысты төмен болады. Толтырғыш мөлшері көбейген сайын созылғыштық қасиет төмендейтіні байқалады. Бентонит пен каолин қосылған үлгілерді салыстыратын болсақ, бентониттің бөлшектері каолинге қарағанда ірі болғандықтан каолиннің қосылған үлгінің созылғыштығы жоғарырақ болады. Алынған мембраналардың механикалық қасиеті толтырғыштардың табиғаты

мен құрылымына тәуелді екені байқалады. Механикалық төзімділік сепараторларлың аккумулятор жұмысындағы қысқа тұйықталуға, тасымалдау мен қолданыс кезіндегі соққыға төзімділігіне жауап беретін қасиеттердің бірі. Бірақ зерттеу барысындағы толтырғыш қосылған үлгілердің толтырғыш қосылмаған үлгілермен салыстырғандағы созылғыштығының төмендігі оның жарамсыздығын білдірмейді, себебі, бентонит пен каолин керамикалық жабынды ролін атқарып, температураны бірқалыпты сақтап, қысқа тұйықталудың алдын алады.

Жұмыс барысында алынған композитті полимерлі мембрана алу және қаксиеттерін зерттеу нәтижелерін баламалы ток көздері өндірісінде қолдануға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, алынған композициялық түрлі қабықшалар қатты полимерлі электролиттерге жатады және оларды жанатын сұйықтықтар қолданылатын дәстүрлі батареяның орынын алмастырудың песпективті технологиясына жатқызуға болады. Өйткені қатты денелі электролиттерде металдық натрий немесе литийді қолдануға мүмкіндік беретін жұқа полимер қолданылады, ал ол жоғары энергиян тығыздығын қамтамасыз етеді. Осылайша жұмыстағы зерттеу нәтижелері ток көздері үшін тиімділігі жоғары қатты полимерлі электролиттер (мембран-сеператорлар) жасау перспективасы мен мүмкіндіктерін көрсетеді.

Қорытынды. Литий ионды аккумуляторлардың сепараторларын дайындау үшін электр өткізгіштігі жоғары, термиялық тұрақты, механикалық төзімді қасиеттерге ие әртүрлі толтырғыштарды пайдалана отырып алты түрлі құрамды композиттік полимерлі электролиттер алынды. Алынған КПЭ-нің иондық өткізгіштігін анықтау үшін Metrohm Autolab потенциостатында импульстік гальваникалық қисықтар алынып, ORIGIN 8 бағдарламасында график салынып, мәліметтер есептелді. Ең жақсы көрсеткішке ие болған ПВДФ-LiF-каолин және ПВДФ-Li_3PO_4 – каолин, иондық өткізгіштері $\sigma = 9 \cdot 10^{-3}$ $Ом^{-1}$ $см^{-1}$ және $\sigma = 11{,}3 \cdot 10^{-3}$ $Ом^{-1}$ $см^{-1}$. Сканерлеуші электрондық микроскоп арқылы КПЭ-нің беттік морфологиясы зерттелді. Жоғары иондық көрсеткішке ие болған КПЭ-нің термофизикалық қасиеттері зерттеліп, термогравиметриялық қисықтар алынды. Бентонит пен каолиннің керамикалық жабынды ролін атқарып, температураны бірқалыпты сақтайтыны көрінді. Бұл қысқа тұйықталудың алдын алады деп болжанды. Композиттердің механикалық қасиеттері зерттелді. Алынған зерттеу нәтижелері бойынша КПЭ-ні литийлі химиялық ток көздері үшін өндірісте қолдануға болады, яғни алынған композициялық қабықшаларды қатты полимерлі электролит ретінде пайдалануға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Lee H, Yanilmaz M., Toprakci O.K., Zhang Fu.X. A review of recent developments in membrane separators for rechargeable lithium-ion batteries // Energy Environ. Sci, 2014. Vol. 7. P. 3857.
2. Huang X. Separator technologies for lithium-ion batteries // J. Solid State Electrochem, 2011. Vol. 15. P. 649.
3. Tarascon J.M., Armand M. Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries // Nature, 2001. Vol. 414. P. 359.
4. Li-ion batteries, Part 4: separators [Electronic resource]. – Access mode: https://www.batterypowertips.com/li-ion-batteries-part-4-separators-faq/.
5. Chen-Yang Y.W., Chen H.C., Lin F.J., Chen C.C. Polyacrylonitrile electrolytes: 1. A novel high-conductivity composite polymer electrolyte based on PAN, LiClO4 and α-Al2O3 // Solid State Ionics, 2002. Vol. 150. P.327-335.

6. Köster K.J., WüllenL.V. Cation–anion coordination, ion mobility and the effect of Al2O3 addition in PEO based polymer electrolytes // Solid State Ionics, 2010. Vol. 181. P. 489-495.
7. Rahman M.Y., Ahmad A., Ismail L.H.C., Salleh M.M. Fabrication and Characterization of a Solid Polymeric Electrolyte of PAN-TiO2-LiClO4 // J. Appl. Polym. Sci, 2010. Vol. 115. P. 2144-2148.
8. Dang Z.M., Fan L.Z., Zhao S.J., Nan C.W. Preparation, characterization and surface morphology of novel optically active polyester-amide/functionalized ZnO bionanocomposites via ultrasonication assisted process // Mater. Res. Bull, 2003. Vol. 38. P. 499-507.
9. Chen-Yang Y.W., Chen Y.T., Chen H.C., Lin W.T., Tsai C.H. Effect of the addition of hydrophobic clay on the electrochemical property of polyacrylonitrile/LiClO4 polymer electrolytes for lithium battery // Polymer, 2009. Vol. 50, No. 13. P. 2856-2862.
10. Kao N., Chao S.W., Chang P.C. Multinuclear solid-state NMR, self-diffusion coefficients, differential scanning calorimetry, and ionic conductivity of solid organic-inorganic hybrid electrolytes based on PPG-PEG-PPG diamine, siloxane, and lithium perchlorate // Macromolecules, 2006. Vol. 39. P.1029-1040.
11. Kim S., Park S.J. Preparation and electrochemical behaviors of polymeric composite electrolytes containing mesoporous silicate fillers // Electrochim. Acta, 2007. Vol. 52. P. 3477-3484.
12. Subba Reddy C.V., Wu G.P., Zhao C.X., Zhu Q.Y., Chen W., Kalluru R.R. Characterization of SBA-15 doped (PEO+LiClO4) polymer electrolytes for electrochemical applications // J. NonCryst. Solids, 2007, Vol. 353. P. 440-445.
13. Chen-Yang Y.W., Wang Y.L., Chen Y.T., Li Y.K., Chen H.C., Chiu H.Y. Influence of silica aerogel on the properties of polyethylene oxide-based nanocomposite polymer electrolytes for lithium battery // J. Power Sources, 2008. Vol. 182. P. 340-348.
14. Song X, Ding W, Cheng B, Xing J. Electrospun poly(vinylidene-fluoride)/POSS nanofiber membrane-based polymer electrolytes for lithium ion batteries // Polym Compos., 2015. Vol. 38, No. 4. P. 629-636.
15. Zhang S.S. A review on the separators of liquid electrolyte Li-ion batteries // J. Power Sources., 2007. Vol. 164. P. 351-364.
16. Plaimer M., Breitfuß C., Sinz W., Heindl S.F., Ellersdorfer C., Steffan H., Wilkening M., Hennige V., Tatschl R., Geier A., Schramm C., Freunberger S.A. Evaluating the trade-off between mechanical and electrochemical performance of separators for lithium-ion batteries: Methodology and application // J. Power Sources, 2016. Vol. 306. P. 702–710.
17. Sheng L., Song L., Gong H., Pan J., Bai Y., Song S., Liu G., Wang T., Huang X., He J. Polyethylene separator grafting with polar monomer for enhancing the lithium-ion transport property // J. Power Sources, 2020. Vol. 479. P. 228812.
18. Wang Q., Mao B., Stoliarov S.I. A review of lithium ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies // J. Sun, Prog. Energy Combust. Sci., 2019. Vol. 73. P. 95–131.

Материал редакцияға 03.05.24 түсті.

Е.Ж. Усипбекова[1], Г.А. Сулейменова[1], Г.А. Сейлханова[1]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ С ВЫСОКОЙ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В настоящее время для литий-ионных аккумуляторов твердые электролиты имеют более широкое применение по сравнению с традиционными жидкими электролитами. В связи с этим были получены композитные мембраны-сепараторы на основе ПВДФ, ДМФА, солей лития и различных наполнителей (каолин, бентонит) с целью получения мембран с высокой ионной проницаемостью, безопасных и механически стойких. Следующий состав полученных мембрано-сеператоров показали хорошие результаты: ПВДФ-LiF-каолин и ПВДФ-Li_3PO_4 – каолин, ионные проводимость $\sigma = 9 \cdot 10^{-3}$ $Ом^{-1}$ $см^{-1}$ и $\sigma = 11{,}3 \cdot 10^{-3}$ $Ом^{-1}$ $см^{-1}$. Морфология поверхности КПЭ изучалась методом сканирующей электронной микроскопии. Были изучены теплофизические свойства КПЭ, обладающие высоким ионным показателем и получены термогравиметрические кривые. Исследование показало, что полученные композитные мембраны можно использовать для источника химического тока.

Ключевые слова: мембрана-сепаратор, наполнители, ионный транспорт, ионная проводимость, аккумулятор, источник химического тока.

Ye.Zh. Ussipbekova[1], G.A. Suleimenova[1], G.A. Seilkhanova[1]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF POLYMER ELECTROLYTES WITH HIGH IONIC CONDUCTIVITY BASED ON CLAY MATERIALS

Abstract. Currently, solid electrolytes are more widely used for lithium-ion batteries than traditional liquid electrolytes. In this regard, composite membrane separators based on PVDF, DMFA, lithium salts and various fillers (kaolin, bentonite) were obtained in order to obtain membranes with high ionic permeability, safe and mechanically resistant. The following composition of the obtained membrane separators showed good results: PVDF-LiF-kaolin and PVDF-Li_3PO_4 – kaolin, ionic conductivity $\sigma = 9 \cdot 10^{-3}$ Ohm^{-1} cm^{-1} and $\sigma = 11.3 \cdot 10^{-3}$ Ohm^{-1} cm^{-1}. The morphology of the KPE surface was studied by scanning electron microscopy. The thermophysical properties of KPI with a high ionic index were studied and thermogravimetric curves were obtained The study showed that the resulting composite membranes can be used for a chemical current source.

Keywords: separator membrane, fillers, ion transport, ion conductivity, battery, chemical current source.

ҒТАМР 61.67.29

Г.М. Жусипназарова[1] – *негізгі автор*, ©
Р. Решми[2], А.С. Дарменбаева[3]

[1]Докторант, [2]PhD, профессор, [3]PhD

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-5175-5169 [2]https://orcid.org/0000-0003-2091-0135*
[3]https://orcid.org/0000-0003-2974-0398

[1,3]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

[2]Провиденс инженерлік колледжі, Керала, Үндістан

@ *[1]jgm.092016@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/SVTH4890

ЦЕЛЛЮЛОЗАНЫ ЛАБОРАТОРИЯДА АЛУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада целлюлозаның апра сабағынан және зығыр сабанынан алу жолы сипатталады. Целлюлозаны өндіру маңызы, қасиеттері және қолданылу туралы ақпараттар беріледі. Алынған целлюлозаның рентгендік дифрактограммалары талданады.

Тірек сөздер: целлюлоза, арпа сабағы, зығыр сабағы, рентгендік дифрактограмма.

Жусипназарова, Г.М. Целлюлозаны лабораторияда алу және оның қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, А.С. Дарменбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.265-271. https://doi.org/10.55956/SVTH4890

Кіріспе. Мұнайдан алынатын өнімдерге тәуелділіктің артуына байланысты экологиялық алаңдаушылық артып, түрлі материалдарды жасау үшін табиғи ресурстарды пайдалануға қызығушылық күннен күнге өсуде. Целлюлозаның биологиялық ыдырауы және қайта қалпына келуі оны қоршаған ортаны сақтауға ықпал ететін маңызды биоматериал етеді. Целлюлоза негізіндегі өнімдер, соның ішінде биологиялық жолмен ыдырайтын пластмассалар парниктік газдарды азайту арқылы қоршаған ортаның ластануын азайтып, дәстүрлі пластмассаларға балама бола алады. Бұл экологиялық таза биоматериалдарды қолдану арқылы қоршаған ортаның тұрақтылығына зиян келтірмейтін тамақ қаптамалары мен бір рет қолданылатын ыдыстарды, биомедицина саласындағы қажетті материалдарды жасауда пайдалануға болады. Осылайша, целлюлоза қоршаған ортаның ластануын азайту және биоәртүрлілікті сақтауға ықпал ететін құнды ресурсқа айналуда. Целлюлозаға тән қасиеттерді пайдалана отырып әртүрлі салалардағы инновациялық қолданысын зерттеу және оны жүзеге асыру экологиялық таза болашаққа қарай ілгерілеу мүмкіндігін тудырады [1,2].

Целлюлоза жалпы формуласы $(C_6H_{10}O_5)_n$ болып табылатын, глюкозадан тұратын макромолекулярлық полисахарид. Целлюлоза – β-1,4 гликозидтік байланыс арқылы қосылған екі ангидроглюкоза сақинасының қайталанатын

бірліктерінен құралған сызықты полимер. Целлюлоза тізбектері іргелес гидроксил топтары мен оксигендер арасындағы молекулаішілік және молекулааралық сутектік байланыс пен ван-дер-Ваальс күштері арқылы байланысқан [3]. Өсімдік жасушаларының қабырғасының негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын бұл биополимер механикалық беріктік және серпімділік қасиеттерге ие. Экологиялық хабардарлықтың артуымен байланысты табиғатта ең көп тараған бұл биополимер қолданысы жыл сайын артып, жыл сайын целлюлоза өндірісі шамамен $1{,}5 \cdot 10^{12}$ тоннаны құрап отыр [4]. Целлюлозаның табиғатта кең тарауы, биоүйлесімділігі, жаңартылатындығы, биологиялық ыдырау және төмен цитоуыттылық қасиеттері оны дәстүрлі қолданысы қағаз бен тоқыма бұйымдарынан бастап биомедицина саласында сұранысқа ие материал етеді. Сондай-ақ, целлюлоза басқа синтетикалық материалдармен салыстырғанда бағасы төмен әрі қоршаған ортаға зиян келтірмейді [5].

Целлюлоза жоғарыда атап өткендей өсімдіктердің маңызды бөлігі, олардың құрылымы мен беріктігін қамтамасыз етеді. Ол ағаштарда, мақтада, бамбукта, зығыр сабағында, қарасорыда, тұт жапырақтарында, жүгеріде, бидайда, күріште, құмайда, арпада, бактериялар мен балдырлардың кейбір түрлерінде кездеседі [6]. Мәселен, зығыр сабағының 70-85% целлюлозадан, 11-20% гемицеллюлозадан, 2-12% пектиннен және шамамен 2% лигниннен тұрады [7].

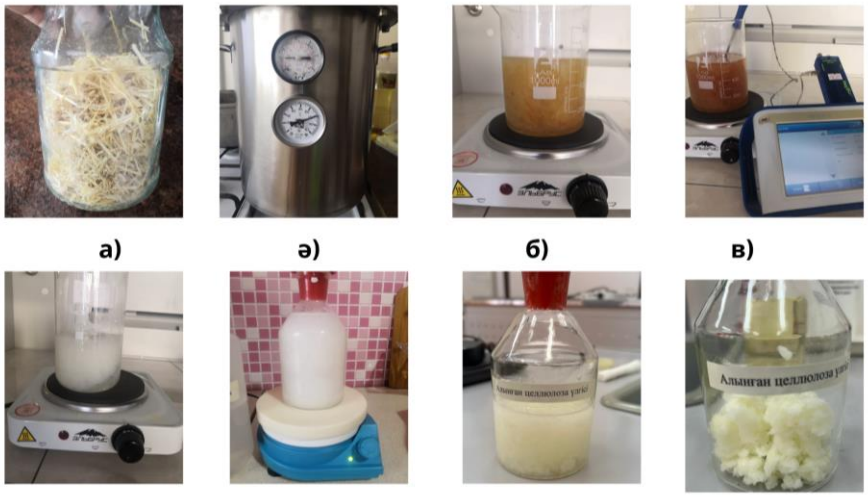
Целлюлоза өзінің ерекше механикалық беріктігімен танымал, бұл оны сұранысқа ие табиғи талшықтардың біріне айналдырады. Бұл қасиет целлюлоза тізбектерінің сызықтық орналасуымен және целлюлоза талшықтарына созылу беріктігі мен қаттылығын беретін іргелес тізбектер арасындағы сутектік байланысының болуымен түсіндіріледі. Сондай-ақ, таза целлюлоза суда және көптеген органикалық еріткіштерде ерімейді [8]. Дегенмен, целлюлоза суды сіңіріп, ісінуі мүмкін, бұл оның көлемі мен қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі. Целлюлоза биологиялық ыдырайтын полимер, яғни оны бактериялар мен саңырауқұлақтар сияқты микроорганизмдер көмірқышқыл газы мен су сияқты қарапайым қосылыстарға ыдыратуы мүмкін. Бұл қасиет целлюлоза негізіндегі материалдарды экологиялық таза және биологиялық ыдырауды қажет ететін қолданбалар үшін аса маңызды [9].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Целлюлоза күшті қышқылдар немесе негіздер болған кезде химиялық реактивтіліктің жоғары дәрежесіне ие. Целлюлоза қышқыл гидролизіне сезімтал, бұл химиялық реакцияда целлюлоза тізбектері қышқылдың әсерінен ұсақ фрагменттерге бөлінеді. Бұл процесс әдетте озық материалдар мен биомедициналық инженерияда қолданылатын целлюлоза нанокристалдары мен нанофибрилдер сияқты целлюлозадан алынған өнімдерді өндіруде қолданылады [10]. Целлюлозаны эфирлендіру реакциялары арқылы химиялық жолмен өзгертуге болады, онда целлюлоза тізбегіндегі гидроксил топтары (-OH) басқа функционалды топтармен ауыстырылады. Бұл химиялық модификациялар целлюлозаның қасиеттерін өзгертіп, ерігіштігін, биоүйлесімділігін және реактивтілігін жақсарту арқылы жаңа функцияларды береді [11]. Целлюлоза талшықтарын қалдық лигнин мен гемицеллюлозаны кетіру, сондай-ақ целлюлозаны ағартып, тазалығын жақсарту үшін тотықтырғыш немесе тотықсыздандырғыш ағартқыш реагенттері қолданылады. Жалпы ағартқыш агенттерге хлор диоксиді, натрий гипохлориті, сутегі асқын тотығы және озон жатады [12].

Целлюлоза құрылымында көптеген гидроксил топтарының болуына байланысты дериватизация реакцияларына ұшырауы мүмкін. Мұнда целлюлоза бастапқы морфологиясын сақтай отырып және айтарлықтай салмақ жоғалтпай жақсартылған қасиеттері бар целлюлоза талшықтарын алу үшін тотығу, эфирлендіру және силанизация реакцияларынан өтуі мүмкін [13]. Осындай реакциялардың бірі глутаральдегидпен целлюлоза арасындағы тотығу реакциясы, бұл реакцияда альдегид топтары қышқылдық ортада целлюлозаның гидроксил топтарымен әрекеттеседі. Бұл процесс целлюлоза тізбектері арасындағы екінші реттік сутектік байланысты күшті ацеталды байланыстармен алмастырады, нәтижесінде целлюлоза негізіндегі материалдардың кристалдылық қасиеті артады және механикалық беріктігі мен тұрақтылығы жақсара түседі. Сонымен қатар, целлюлоза LiCl сияқты сілтілік металл тұздарымен әрекеттесіп,тотығу реакциялары жүреді, нәтижесінде целлюлозада карбоксил (-COOH) және альдегид топтары (-CHO) түзіледі [14].

Целлюлозаны өзге компоненеттерден бөліп алу процесі лабораторияда 3 этаптан тұрады: сілтілеу, қышқылдық өңдеу және ағарту. Бастапқыда сілтімен өңдеу арқылы целлюлозамен бірге өсімдік жасушаларының қабырғасының ажырамас компоненттері болып табылатын лигнин мен гемицеллюлозадан бөліп алып алу үшін қажет. Сілтілі ерітінді лигнин мен гемицеллюлозаның еруіне ықпал етеді, олардың целлюлоза талшықтарынан бөлінуін жеңілдетеді. Сілтілі өңдеуден кейін целлюлоза талшықтарын одан әрі ұнтақтау және лигнин мен гемицеллюлоза қалдықтарын кетіру үшін қышқылмен өңдеу жүргізіледі. Қышқыл гидролизі қалған гемицеллюлозаны ыдыратуға және целлюлоза талшықтарына жабысып қалуы мүмкін лигнин қалдықтарын кетіруге көмектеседі. Сонымен қатар, қышқылмен емдеу целлюлоза талшықтарының pH деңгейін реттеуге көмектесіп, келесі этап ағартуға дайындайды. Ағарту целлюлоза талшықтарынан лигнин мен гемицеллюлозаның қалдықтарын жояды, олар бастапқы алдын ала өңдеу кезінде толығымен жойылмаған болуы мүмкін. Бұл процесс талшықтардың шығымдылығы мен құрылымдық тұтастығын сақтай отырып, олардың тазалығын қамтамасыз етеді [15].

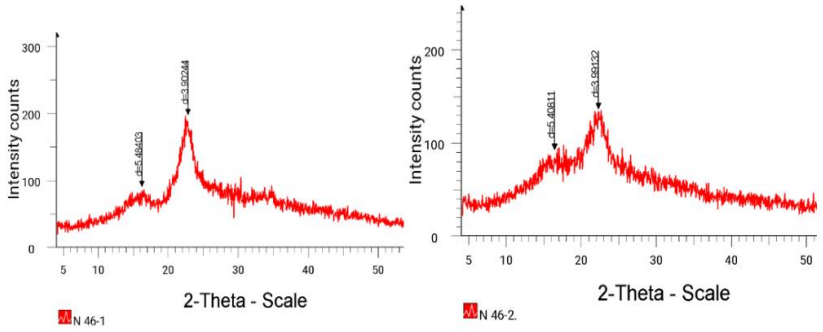
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Алдымен беттік ауданын арттыру мақсатында целлюлоза өсімдік материалы ұсақ бөліктерге бөлінді (сурет 1а). Ұсақталған материалған автоклав камерасында 2% NaOH сілтілі ерітіндіге салынды. Автоклав камерасында 120℃ температура мен 20 Бар қысымда 40 мин қайнатылды (сурет 1ә). Сілтілеуден кейін қышқылдық өңдеу үшін 20% HNO_3, 45% CH_3COOH, дистилденген су (2:2:1 қатынасында) қолданылды. Лигнин мөлшері аз болғандықтан, зығыр сабағынан целлюлоза алу үшін 70% CH_3COOH, 30% HNO_3 және дистилденген су қолданылды (сурет 1б, 1в). Үшінші этапта, өңделген целлюлозаны ағарту мақсатында 1% белизна қолданылды (сурет 1г). Содан кейін магниттік араластырылғышқа 5 сағатқа қойылды (сурет 1ғ).



а) ұсақталған зығыр сабақтары; ә) автоклавтағы сілтілеу процессі; б), в) қышқылдық өңдеу; г) ағарту; ғ) магниттік араластырғыш; д),е) алынған целлюлоза үлгілері.

Сурет 1. Целлюзаны лабораторияда алу:

Зығырдан және арпадан алынған целлюлоза үлгілерінің рентгендік дифрактограммалары 2-суретте көрсетілген. Арпаның 55-65%-ы, зығырдың 70-85%-ы целлюлозадан тұрғандықтан, зығырдан алынған үлгіде целлюлоза көп болады деп күтілген. Арпадан және зығырдан алынған дифрактограммадаларғы пиктер алынған целлюлоза үлгісінің целлюлоза I екендігін көрсетеді [16]. Зығырдан алған целлюлоза үлгісіндегі 2θ бұрыштар (16° және 22.5°) арпадан алынған целлюлоза үлгісінің 2θ бұрыштар (16° және 22°) полиморфты целлюлоза I-дің бар екендігін дәлелдейді. Сондай-ақ, екі дифрактограммадағы интенсивтіліктегі айырмашылық целлюлозаның кристалды фазадағы контенті әртүрлі болуымен байланысты. Екі үлгідегі кристалды фазаның контенттің айырмашылығы қышқылдық өңдеу кезінде қолданылған түрлі қышқыл құрамымен және үлгідегі целлюлоза құрамы әртүрлі болуымен түсіндіріледі.



а) ә)

Сурет 2. Зығырдан (а) және арпадан (ә) алынған целлюлоза үлгілерінің дифрактограммасы

Целлюлоза биомедицина саласында перспективалы нәтижелерге қол жеткізуде. Оның биоүйлесімділігі,биологиялық ыдырауы, суды сақтап қалу мен қайта реттелу қасиеті оны дәрі-дәрмек жеткізу жүйелерінен бастап тіндік инженерия саласындағы қолданысын мүмкін етеді [17]. Сан-алуан дәрі түрлерін тасымалдау үшін целлюлозаның әртүрлі формалары (гельдер, мембраналар, сфералар және кристалдар) қолданылады. Целлюлоза негізіндегі биополимерлер дәрілердің шығарылуын бақылауға, шығарылым уақытын ұзартуға немесе азайтуға, дәрілік заттардың шығарылуын күшейтуге мүмкіндік береді. Мәселен, тотыққан целлюлозаның шығарылу жылдамдығы тотығу дәрежесінің өзгеруімен бақыланады, әрі бұл дәрі-дәрмектерді стратегиялық мерзімде әр түрлі жерлерде мақсатты жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл жанама әсерлерді азайта отырып, емдеу тиімділігін арттырады [18]. Сонымен қатар, целлюлоза жараларды емдеуде құнды материал болып табылады. Жараларды таңу кезінде целлюлоза тіндердің регенерациясы үшін тірек болып табылып, теріні имитациялауға, тері жасушаларының тез қалпына келуіне, тезірек сауығуға және тыртықтардың азаюына ықпал етеді. Целлюлозаның биомедицина саласында гидрогельге қатынасын реттеу арқылы қаттылық, гидрофобтылық, сіңіру қасиеті мен беттік ауданы сияқты параметрлерді жақсартуға болады. Целлюлозаның биомедицинадағы маңызды қолданыстарының бірі сүйек тінінің инженерия, себебі жоғары механикалық беріктікке ие целлюлоза талшықтары сүйек тінінің коллаген талшықтарына ұқсайды және дене жүйесіндегі ортамен үйлесімді [19]. Целлюлозалық биоматериалдар регенерация мен қан тамырларын алмастыруда да қолданылған. Целлюлозаға негізделген материалдарды әртүрлі пішіндерге пішіндеуге болады бұл синтездеу кезінде жасушалардың бекітілуін және көбеюін жақсартуға қажет субстраттарды алу үшін маңызды. Целлюлозодан жасалған жасанды қан тамырлары тромбиннің азаюын тудырады, осылайша тромб түзілуін тежейді. Бұл жасанды қан тамырларды жасау үшін жиі қолданылатын басқа материалдардан қарағанда целлюлозаға негізделген биоматериалдың айтарлықтай артықшылығы [20].

Целлюлозаның гидрофильділігі мен механикалық беріктігі оны азық-түлік қаптамасында, медицинада және гигиенада кеңінен қолданылатын әмбебап материалға айналдырады. Дегенмен, целлюлозаға тән микробқа қарсы қасиеттердің болмауы белгілі бір қолданбалар үшін қиындық тудырады. Сондықтан, микробқа қарсы қасиеттері бар, бірақ механикалық беріктігі жоқ, құрылысы жағынан целлюлозаға ұқсас хитозан целлюлозамен бірге қолданылады [21]. Біріктірілген кезде бұл материалдар механикалық берік, сонымен бірге маңызды микробқа қарсы қасиеттерге ие болатын биокомпозитті құрайды. Алынған целлюлоза-хитозан талшықтары 236-дан 3316 МПа-ға дейінгі созылу модулін және 22-ден 80 МПа-ға дейінгі созылу беріктігін көрсетеді, бұл әртүрлі қолданылуы бар жоғары функционалды материалдарды жасауға мүмкіндік береді [22]. Бұл комбинация целлюлозаның созылу беріктігін 129%-ға арттырады. Сонымен қатар, целлюлоза мен хитозанның қолжетімділігі, кең таралуы, биологиялық ыдырауы, қайта пайдалануға жарамдылығы, төмен уыттылығы және жақсартылған мөлдірлігі олардың биокомпозит ретіндегі құндылығын одан әрі арттырады [23].

Қорытынды. Қорытындылай келе, целлюлоза физикалық және химиялық қасиеттердің алуан түрлілігін көрсетеді. Целлюлозаға негізделген биологиялық ыдырайтын полимерлердің ерекше қасиеттері оларды әртүрлі қолданбаларда жан-жақты етеді. Бұл экологиялық таза, биологиялық ыдырайтын және биоүйлесімді полимерлер қағаз өндірісінен бастап

жараларды емдеуге дейінгі әртүрлі салаларда пайдалы. Сонымен қатар, целлюлозаның химиялық модификациядан өту қабілеті оның пайдалылығын одан әрі арттырады және экологиялық таза материалдар мен технологиялар саласындағы инновацияларға жаңа мүмкіндіктер ашады. Целлюлозаға негізделген биопластиктер мен кәдімгі пластмассаларға қарағанда айқын артықшылықтары оларды медицина, тамақ өнеркәсібі, электр энергетикасы салаларын қоса алғанда әртүрлі салаларда құнды материалдар ретінде бағаланады.

Әдебиеттер тізімі

1. Kuroda K. Energy Production: Biomass – Starch, Cellulose, and Hemicellulose // Springer: Yeast Cell Surface Engineering, 2019. P. 17-28.
2. Steven S., Fauza, A.N., Mardiyati Y., Santosa S.P., Shoimah S.M. Facile Preparation of Cellulose Bioplastic from Cladophora sp. Algae via Hydrogel Method // Polymers, 2022. Vol. 14, No. 21. P. 4699.
3. Varqani N.A., Bastian F. Review: Utilization of cellulose in food products // IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2023. Vol. 1230, No. 1. P. 1-7.
4. Boonmahitthisud A., Soykeabkaew N., Ongthip L., Tanpichai S. Review of the recent developments in all-cellulose nanocomposites: Properties and applications // Carbohydrate Polymers, 2022. Vol. 286, No. 119192. P. 2-22
5. Hickey R.J., Pelling A.E. Cellulose biomaterials for tissue engineering // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2019. Vol. 7, No. 45. P. 2-11.
6. Bhaladhare S., Das D. Cellulose: a fascinating biopolymer for hydrogel synthesis // Journal of Materials Chemistry, 2022. Vol. 10, No. 12. P. 1923–1945.
7. Bakri M.K.B., Rahman M.R., Chowdhury F.I. Sources of cellulose // Elsevier: Fundamentals and Recent Advances in Nanocomposites Based on Polymers and Nanocellulose, 2022. P. 1–18.
8. Pongchaiphol S., Preechakun T., Raita M., Champreda V., Laosiripojana N. Characterization of Cellulose–Chitosan-Based Materials from Different Lignocellulosic Residues Prepared by the Ethanosolv Process and Bleaching Treatment with Hydrogen Peroxide // ACS Omega, 2022. Vol. 63, No. 35. P. 22791–22802.
9. Du L., Zhang B., Deng W., Cheng Y., Xu L., Mai, L. Hierarchically Self- Assembled MOF Network Enables Continuous Ion Transport and High Mechanical Strength // Advanced Energy Materials, 2022. Vol. 12, No. 24.
10. Jakob M., Mahendran A.R., Gindl- Altmutter W., Bliem P., Konnerth J., Müller U., Veigel S. The strength and stiffness of oriented wood and cellulose-fibre materials: A review // Progress in Materials Science, 2022. Vol. 125, No. 100916.
11. Smagin A., Sadovnikova N., Belyaeva E. Hygroscopicity of Gel-Forming Composite Materials: Thermodynamic Assessment and Technological Significance // Journal of Composites Science, 2022. Vol. 6, No. 269.
12. Walawska A., Olak-Kucharczyk M., Kaczmarek A., Kudzin M.H. Environmentally friendly bleaching process of the cellulose fibres materials using ozone and hydrogen peroxide in the gas phase // Materials, 2024. Vol. 17, No. 1355.
13. Yoshizawa A., Maruyama C., Kusuma S.B.W., Wada N., Kuroda K., Hirose D., Takahashi K. Aryloxy Ionic Liquid-Catalyzed Homogenous Esterification of Cellulose with Low-Reactive Acyl Donors // Polymers, 2023. Vol. 15, No. 419.
14. Duceac I.A., Tanasă F., Coseri S. Selective Oxidation of Cellulose – A Multitask Platform with Significant Environmental Impact // Materials, 2022. Vol. 15, No. 5076.
15. Huo S., Ulven C.A., Wang H., Wang X. Chemical and Mechanical Properties Studies of Chinese linen flax and its composites // Polymers and Polymer Composites, 2013. Vol. 21, P. 275–286.
16. Liu Y., Hu H. X-ray diffraction study of bamboo fibers treated with NaOH // Fibers and Polymers, 2008. Vol. 9, No. 6. P. 735–739.

17. Pinto E., Aggrey W.N., Boakye P., Amenuvor G., Sokama- Neuyam Y.A., Fokuo M.K., Karimaie H., Sarkodie K., Adenutsi C.D., Erzuah S., Rockson M.A.D. Cellulose processing from biomass and its derivatization into carboxymethylcellulose: A review //Scientific African, 2022. Vol. 15, No. 01078.
18. Xie F., De Wever P., Fardim P., Van Den Mooter G. TEMPO-Oxidized cellulose beads as potential PH-Responsive carriers for Site-Specific drug delivery in the gastrointestinal tract // Molecules Annual, 2021. Vol. 26, No. 1030.
19. Fatema N., Ceballos R.M., Fan C. Modifications of cellulose-based biomaterials for biomedical applications. // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2022. Vol. 10, No. 993711.
20. Da Silva Vallejo M.C., Cordeiro R., Dias P.A., Moura C., Henriques M., Seabra I.J., Malça C., Morouço P. Recovery and evaluation of cellulose from agroindustrial residues of corn, grape, pomegranate, strawberry-tree fruit and fava // Bioresources and Bioprocessing, 2021. Vol. 8, No. 25.
21. Strnad S., Zemljič L.F. Cellulose – Chitosan functional biocomposites // Polymers, 2023. No. 425.
22. Ilyas R.A., Alias A.H., Nordin A.H., Ngadi N., Zuhri M.Y.M., Asyraf M.R.M., et al. Natural-Fiber-Reinforced Chitosan, Chitosan blends and their nanocomposites for various advanced applications // Polymers, 2022. Vol. 14, No. 74.
23. Tan S.X., Andriyana A., Ong H.C., Lim S., Pang Y.L., Ngoh G.C. A Comprehensive Review on the Emerging Roles of Nanofillers and Plasticizers towards Sustainable Starch-Based Bioplastic Fabrication // Polymers, 2022. Vol. 14, No. 664.

Материал редакцияға 11.05.24 түсті.

Г.М. Жусипназарова[1], Р Решми[2], А.С. Дарменбаева[1]

[1]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан
[2]Инженерный колледж Провиденс, штат Керала, Индия

ЭКСТРАКЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ И ИЗУЧЕНИЕ ЕЕ СВОЙСТВ

Аннотация. В статье описано извлечение целлюлозы из ячменной и льняной соломы. Приведены сведения о значении, свойствах и применении получения целлюлозы. Полученная целлюлоза проанализирована методом рентгеновской дифракции.

Ключевые слова: целлюлоза, стебель ячменя, стебель льна, рентгеновская дифрактограмма.

G.M. Zhusipnazarova[1], Dr. Reshmi[2], A.S. Darmenbayeva[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
[2]Providence College of Engineering, Kerala, India

EXTRACTION OF CELLULOSE IN THE LABORATORY AND STUDY OF ITS PROPERTIES

Abstract. The article describes the extraction of cellulose from barley straw and flax straw. Information is given on the importance, the properties and the application of the production of cellulose. The resulting cellulose is analysed by X-ray diffraction.

Keywords: cellulose, barley stalk, flax stalk, X-ray diffractogram.

IRSTI 61.13.15

Z.S. Bakhram[1] – *main author*,
O.P. Bayisbay[2], A.M. Azimov[3],
N.T. Seitkhanov[4], A.M. Brener[5], V.N. Pecherskiy[6]

©

[1]PhD student, [2,4]Cand. Tech. Sci., Associate Professor, [3]PhD, head of the laboratory, [5,6]Doctor of Tech. Sci., Professor

ORCİD *[1]https://orcid.org/0009-0000-6860-3869 [2]https://orcid.org/0000-0002-4209-3087*
[3]https://orcid.org/0000-0002-1316-5854 [4]https://orcid.org/0000-0002-1734-3646
[5]https://orcid.org/0000-0001-7041-0177 [6]https://orcid.org/0009-0002-6277-6827

[1,2,3,4,5,6]M. Auezov South Kazakhstan University
Shymkent, Kazakhstan

@ *[1]djohd77@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XWHV9151

CALCULATION OF ADSORPTION APPARATUSES WITH A LAYER OF EXPANDED SUBSTANCES

Abstract. This work is a part of the project for investigations of hydrodynamics and mass transfer in an adsorption apparatus with ion-exchange resins during the extraction of stevioside from stevia extract. The issues of improving the structural-sorption characteristics while increasing selectivity to certain substances, expanding the range, simplifying the manufacturing technology and reducing the cost of production of industrial adsorbents are extremely relevant. The work is devoted to mathematical modeling and a theoretical description of adsorption in the layer of expanded ion-exchange resins. The main aspects of adsorption in a layer of porous material have been considered, and a model of the adsorption layer structure has been developed. The contribution of the work and its scientific novelty lie in the fact that a mathematical model of the evolution of a two-component dispersed phase has been developed and qualitatively analyzed taking into account competitive adsorption and the non-equilibrium nature of mass transfer between the adsorption surface of the porous material and the dispersed phase. The results and conclusions are recommended to be used in planning and conducting research work for intensification of heat and mass transfer processes and for engineering design of adsorption chemical apparatuses and adsorption columns.

Keywords: adsorption, adsorption layer, adsorption wave, fractal dimension, ion-exchange resins multicomponent systems, stevia, porosity.

Bakhram Z.S., Bayisbay O.P., Azimov A.M., Seitkhanov N.T., Brener A.M., Pecherskiy V.N. Calculation of adsorption apparatuses with a layer of expanded substances // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.272-283. https://doi.org/10.55956/XWHV9151

Introduction. Adsorption apparatuses based on layers of expanded substances, ion-exchange resins in particular [1], have been widely used currently [2] both to purify multicomponent mixtures from impurities [3] and as an intermediate step for extracting useful components by adsorption [4]. During the porous adsorbents producing [5], the main problem is to create high porosity [6]. Besides it, the porous layer hold be also characterized by a uniform distribution of

pores throughout the volume of the layer [7]. The rheological characteristics of the binder in the production of porous materials with an even cellular structure from the viscous-flowing compositions by swelling depend on the consumption of the binder and the duration of the mixing and molding cycles [8]. Ensuring optimal modes of swelling process [9] with a developed porous internal structure of the layer, and achieving the necessary geometric characteristics of the adsorption layer [10] require both an understanding of the features of the formation of the layer structure and a theoretical description of this complex process [11]. These requirements determine the method and parameters of the molding process [12], as well as the type of porous structure and properties of the products [13].

The rheological properties when producing highly porous adsorbents can be controlled by using a set of various techniques [14]: external influences on structured mixtures, in particular vibrations that cause a thixotropic effect, or the introduction of surfactants, temperature changes, etc. [15]. The need for such a combination of different techniques is due to the fact that none of the known techniques is without drawbacks [16].

Water, highly volatile liquids, and burnable solid additives are used as blow-forming agents. When using burnable additives, as a rule, a cellular porous structure is formed; when using evaporating liquids, a porous-capillary structure is formed [17]. If the mass concentration of the pore-forming agent in the material and the mass concentration of the structure-forming material are known, then the porosity of the resulting material can be calculated in advance.

One of the most widely used methods is swelling [18]. This method is based on the release or introduction of a gas phase into a plastic-viscous mass in the form of hydrogen, oxygen, carbon dioxide, water vapor, air, isopentenyl, Freon, or other substances.

As a result of saturation of the mass with the gas phase, its volume increases – swelling occurs (foaming). During swelling, a cellular porous structure is formed, the total volume of porosity of which depends on the amount of the gaseous component introduced and retained by the mass. Common to all types of swelling is the plastic-viscous state of the porous masses during the period of their porosity, i.e., the porous masses must have the ability to irreversibly deform (flow) without breaking the continuity. However, the process of swelling of the ion-exchanged resins has some peculiarities [19].

Namely, in this system, the so-called lamellar porosity is observed due to the sliding apart of the grains of the dispersed system by inter-packet water, which turns into a vapor state when the grains are heated. In the case of using a porous binder in the form of a foam mass, the material is obtained with cellular porosity, consisting of the porosity of the grains and the porosity of the binder [20].

The results of studies of the internal structure of adsorption layers using adsorption isotherm methods leads to the conclusion that the internal surface of the porous layer is characterized by an extremely complex developed shape [21]. This problem can be solved by using fractal geometry methods [22].

In this case, the inner surface of the layer is characterized by a fractal dimension higher than the “usual” geometric dimension of the surface [23].

The specific value of porosity and internal surface depends on the initial geometric characteristics of the layer, i.e. the size of the granules and the method of their laying [24].

This paper is devoted both to mathematical modeling of the geometric structure of porous adsorbents with account of the peculiarities of substances [20]

exposed to swelling and to building a govern model for describing mass transfer of two-phase liquids flowing through the adsorbent porous layer [25].

Materials and methods. This section of paper is devoted to description of the main concepts for calculating the height of the adsorbent layer in the adsorption apparatuses. The process of removing a contaminant from a carrier gas in an adsorbent layer can be described using such a concept as the "adsorption wave" shown in Figure 1.

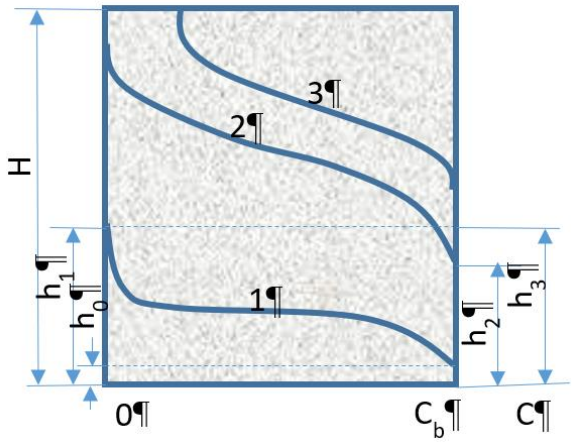


Fig. 1. Movement of an adsorption wave along a stationary layer

Curve 1 characterizes the dependence of the pollutant concentration on the position of the layer for fresh adsorbent, and the dashed horizontal line C_0 characterizes the maximum permissible concentration of the pollutant in gas emissions after adsorption treatment. With proper adsorption apparatus design, the output concentrations are much lower than this value. During operation, saturation occurs at the entrance to the adsorption layer and pollutants begin to penetrate further into the depth of the layer, where their effective adsorption occurs (curve 2). Finally, in cases where the maximum permissible concentration at the outlet of the layer is reached (curve 3), the adsorbent must be regenerated.

The adsorption process involves staged or continuous contacting, as in the case of liquid absorption, in which preferably only one component of the gas phase is absorbed. When more than one component is adsorbed, the process is more similar to fractionation, in particular extraction.

For dilute solutions, neglecting thermal effects, it is possible to obtain formulas corresponding to an isothermal process. Regardless of the nature of the adsorption forces, the magnitude of adsorption is influenced by the following factors: the nature of the adsorbed substance; temperature; pressure; impurities in the phase from which the substance is adsorbed [26]. As for the nature of the adsorbed substance that it is believed that the equilibrium concentration x* is higher, the higher the molecular weight of the adsorbed gas, and in the case of solutions, the lower the solubility of the adsorbed substance in the liquid [23]. With increasing temperature, other things being equal, the equilibrium concentration x* decreases. With increasing pressure in the vapor-gas phase, the equilibrium concentration increases.

As for the impurities in the phase from which the substance is absorbed that if there is a competing (displacing) substance B in the phase from which the adsorbent

adsorbs substance A, i.e. of a substance that is also capable of being adsorbed by this adsorbent, the equilibrium concentration x* of substance A decreases. In this case, substance B either partially or completely displaces or replaces substance A in the adsorbent. Adsorbents are characterized by static and dynamic activity. After a certain period of operation, the adsorbent ceases to completely absorb the extracted component and a "breakthrough" of the component through the adsorbent layer is observed. From this moment, the concentration of the component in the exhaust gas-vapor mixture increases until equilibrium is reached.

The amount of substance absorbed per unit mass (or volume) of the adsorbent during the time from the beginning of adsorption to the beginning of the "breakthrough" determines the dynamic activity of the adsorbent. The amount of a substance absorbed by the same amount of adsorbent during the time from the beginning of adsorption to the establishment of equilibrium characterizes static activity (equilibrium activity).

As a result of the occurrence of some complex processes, such as, for example, wetting of the adsorbent or changes in the shape of the capillary openings and pores of the solid phase, the parameters characterizing the desorption equilibrium differ from the values determined for the adsorption equilibrium. The adsorption process is characterized by the presence of hysteresis, and the desorption pressure is always lower than the value obtained during adsorption.

Equilibrium during adsorption can be determined using various equations [23]. The sorption isotherm according to the Dubinin [22] equation is considered the most universal today:

$$C_p = \frac{k_0}{v_k} \exp\left[-b\left(\frac{T_{cp}}{z} \lg \frac{C^*}{C_0} \right) \right] \quad (1)$$

where C is the equilibrium concentration, (kmol pollutant/kg adsorbent); k is a constant characterizing the maximum adsorption volume of micropores; , b is a constant characterizing the size of micropores; T – average process temperature, K; is the contaminant breakthrough concentration at the average process temperature and is the initial contaminant concentration.

For a non-stationary adsorption apparatus with a fixed layer, it is necessary also to determine the breakthrough moment. A slip occurs when the changing concentration (1) of a pollutant in the effluent stream reaches a certain set point, which may be, for example, the value allowed by standards for a given release. The time required to achieve breakthrough is determined from the mass transfer equations and equilibrium conditions; this, in turn, allows you to determine the required amount of adsorbent. Adsorption diameter layers are calculated, as in the case of absorption, based on the permissible value of hydraulic resistance [24].

First, the adsorbent comes into contact with the incoming concentrated solution. As a result of passing through the entire adsorbent layer, almost all of the solute is removed from the solution. Figure 2 illustrates the process when the flow is supplied from top to bottom and corresponds to the case where the exit stream contains practically no solute. The uppermost part of the layer becomes saturated, and the main adsorption occurs in a relatively narrow part of the sorbent layer, where the concentration changes rapidly.

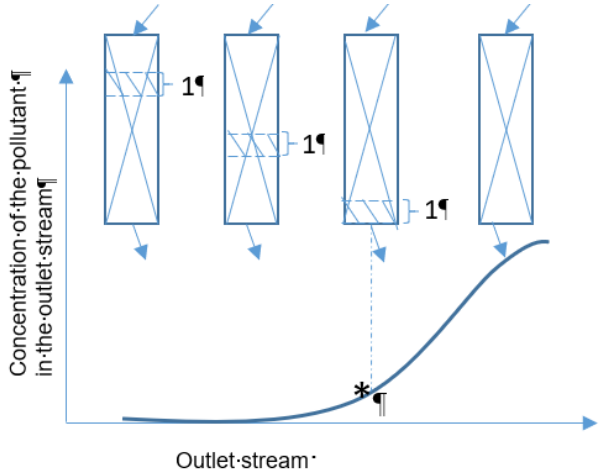
This narrow adsorption zone moves down the layer, forming a concentration wave; the displacement velocity is much less than the linear velocity of the gas passing through the sorbent layer. Over time, the solute concentration in the effluent

increases. When it reaches a predetermined limit value, which, for example, may be determined by environmental regulations, it is considered that a breakthrough has occurred. After this, the concentration of the dissolved substance increases rapidly, since the adsorption zone extends beyond the sorbent layer; eventually the solute concentration at the outlet becomes the same as that in the original solution. The dependence of the concentration on the volume of the outlet flow in this region is called the breakthrough curve.

Using Figure 2, you can determine the required height of the adsorbent layer in the apparatus for a given degree of purification.

If the rate of filtration of the mixture through the layer is known, and the speed of the breakthrough wave is known also, then the height of the layer is determined by the formula:

$$H = \tau \lambda W \quad (2)$$



* – breakthrough point; 1 – adsorption zone;

Fig. 2. Non-stationary adsorption in a fixed sorbent layer

where τ is the residence time of the mixture in the apparatus.

Calculation procedure for periodic adsorption apparatus can be written as follows:

The most common adsorption process is cleaning in devices with a fixed layer of solid phase. Processes of this kind are non-stationary and periodic. In this case, the concentrations in the solid material and gas located inside the apparatus change over time.

In the fixed adsorbent layer, the adsorption zone moves along the column.

Calculations of periodic adsorption apparatuses with a stationary adsorbent using the Dubinin equation (1) and relation (2) can be performed in the following order [22].

1. Determine the equilibrium concentration of the pollutant in the solid phase. The concentrations of the pollutant in the adsorbent, which are in equilibrium at a given temperature with its concentrations in the gas phase, are expressed as a sorption isotherm. Using the known sorption isotherm, the amount of pollutant that can be absorbed by the adsorbent at a given temperature is determined if the process continues to an equilibrium state.

The sorption isotherm of the pollutant in question is calculated using the special thermodynamic graphs [22].

2. Select the type of adsorption apparatus and its design parameters. Take a fictitious speed of cm6e in the adsorption apparatus w = 0.05...0.1 m/s, calculate the diameter of the apparatus at a given flow rate and select the closest standard size of the adsorption apparatus of the selected design. Based on the design characteristics of the apparatus and the speed of the breakthrough wave, an acceptable height of the adsorbent layer is selected.

3. Determine the mass transfer coefficient.

During adsorption on the expanded substance, the mass transfer coefficient in the continuous phase can be found from the equation [8]:

$$Nu = 0{,}355\mathrm{Re}^{0{,}64}\frac{\mathrm{Pr}^{0{,}333}}{\varepsilon} \tag{3}$$

The mass transfer coefficient from the continuous phase to the surface of the adsorbent is found by the formula:

$$\beta_1 = Nu\frac{D_a}{d_p} \tag{4}$$

To estimate the value of the internal diffusion coefficient, you can use the equation [16]:

$$D_a = \frac{\varepsilon D}{2}\left[1-\exp\left(-\frac{2d_n}{3D}\sqrt{\frac{8RT}{m}}\right)\right] \tag{5}$$

Mass transfer coefficient:

$$K = \frac{1}{1/\beta_1 + 1/\beta_2} \tag{6}$$

Deviation from the ideal displacement regime due to longitudinal mixing can be taken into account by introducing additional diffusion resistance, for which the longitudinal mixing coefficient is determined [8]:

$$\Lambda = 0{,}057\frac{W\,\mathrm{Re}^{0{,}22}}{1-\varepsilon} \tag{7}$$

The mass transfer coefficient (m/s) adjusted for longitudinal mixing is found from the relationship:

$$K' = \frac{1}{1/K + 1/\Lambda} \tag{8}$$

Set of formulas (3) - (8) can be considered as methods for calculation the main control parameters for the mass transfer description.

It is convenient to present the results of calculations of the output curve graphically in the form of a dependence of the dimensionless concentrations of C/C_b on the dimensionless time of the process T. From this graph, for a given output (final) concentration, it is not difficult to find the corresponding dimensionless calculated time and the estimated duration of the adsorption stage.

Check the convergence of the found parameters, drawing up a material balance. To do this, the amount of pollutant entering the adsorption apparatus is calculated and compared with the amounts of pollutant absorbed by the adsorbent, remaining in the gas phase of the adsorbent layer and leaving the apparatus in accordance with a given breakthrough.

Determine the duration of auxiliary stages of the mixture processing process.

When designing an adsorption scheme, the duration of each of the auxiliary stages – desorption, drying and cooling of the adsorbent – is assumed to be the same as the calculated adsorption duration.

The duration of the remaining phases of the cycle (desorption, drying and cooling of the adsorbent) is calculated, as a rule, on the basis of experimental data or empirical equations (due to the complexity of the mathematical description of the corresponding processes, due mainly to the internal porosity of the adsorbent).

Research results and discussions. An assessment of the porosity of a layer of a plate-like adsorbent, in particular, vermiculite, taking into account two characteristic scales, can be made based on the following relationship [9]:

$$\varepsilon \approx \left(l_1/l_2\right)^{3-D} \tag{9}$$

From here an estimation for the fractal dimension of the swollen adsorbent layer can be obtained as follows [2, 8]:

$$D \approx 3 - \left[\ln\left(\frac{\varepsilon_1}{1.4} + \varepsilon_0 \right) \Big/ \ln\left(l_1/l_2\right) \right] \tag{10}$$

where the indices 1 and 0 for porosity ε refer to the final and initial states of the layer, respectively. The derivation of Eqs (9) and (10) is based on the ideas proposed in the work [8].

Typically, the main source of data on disperse systems is the results of rheological experiments. At the same time, it is known that during the flow of multicomponent multiphase liquids in porous structures, nonlinear effects are observed, which manifest themselves both in the form of adsorption effects, which affects the dynamics of adsorption efficiency indicators, and at the level of specific rheological effects, for example, in the form of a blocking effect flow [22]. Therefore, the dynamic properties of complex disperse systems are not determined only by rheological characteristics.

Unusual flow regimes of complex multicomponent liquids in porous media are manifested in the nonuniform distribution of the adsorbed substance in the adsorption layer. This is explained by the interaction of the components with each other and their competition when filling free adsorption centers on a solid surface, since many multicomponent mixtures are colloidal systems in which surfactant components form a dispersed phase.

This paper presents a mathematical model of the movement of a two-component dispersed phase, taking into account competitive adsorption and the non-

equilibrium nature of mass transfer between the adsorption surface of the porous layer and the dispersed phase.

The basic system of model equations for a flow one-dimensional layer scheme is as follows [25]:

$$\varepsilon \frac{\partial c_i}{\partial t} + \frac{\partial a_i}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2} - u \frac{\partial c_i}{\partial x}, \tag{11}$$

$$\frac{\partial a_i}{\partial t} = \beta_i \left(c_i - b_i a_i^2 \left(1 - \sum_k \lambda_k a_k \right)^{-2} + \sum_{j \neq i} k_{ij} a_i a_j \right), \tag{12}$$

The mathematical model (11), (12) is not closed and must be supplemented with a relation for the connection between equilibrium and non-equilibrium concentrations of components in the adsorbed state.

In the work by A. Brener [25] it was proposed to use the simplest form of such a connection:

$$\tau \frac{\partial a_i}{\partial t} + a_i = \tilde{a}_i \tag{13}$$

were $\tilde{a}_i$ is some pseudo-equilibrium value, and τ is the characteristic relaxation time.

System of equations (11), (12) is solved under the following initial and boundary conditions:

$$c_i(0,t) = c_i^0, \quad \left. \frac{\partial c_i}{\partial x} \right|_{x=L} = 0, \quad t \geq 0 \tag{14}$$

$$a_i(x,0) = 0, \quad c_i(x,0) = 0, \quad 0 < x < L \tag{15}$$

However, taking into account the relaxation time requires modification of the basic transport equation (1). Therefore, in this paper it is proposed to use the methodology of, based on the concept of relaxation transfer kernels [25]. In addition, this approach makes it possible to study the effect of non-isothermal process on the intensity of adsorption.

The system of equations (9) - (15) represents a development of methodology proposed in [25]. This methodology is based on the representation of transport equations in the form of integer-differential equations, which make it possible to take into account the phenomena of nonlocality and delay using a special form of kernels of integral operators in the equations.

The more detail analysis of the derived equations of adsorption kinetics showed the possibility of the existence of two types of solutions to the model, namely: solutions of the traveling concentration wave type for the case when the speed of adsorption or the degree of adsorption activity on the surface of a porous medium for one of the components clearly exceeds the others, as well as specific solutions describing oscillatory concentration processes of more complex dynamics [26]. At the same time, the detail analysis of the stability of the solutions obtained

yet should be completed. Note that the resulting system of equations contains the entire variety of discovered solutions, and it describes the corresponding modes of adsorption processes. This gives grounds to propose the model outlined in the submitted paper for a detailed description of the flow of a two-phase liquid in a layer of a porous adsorbent of complex structure.

For a more detailed study of the system, a bifurcation diagram was constructed for a "nested" dynamic system of equations (11, 12) at a fixed point in space (x=0). As a result, it was revealed that in the various range of control parameters values the phase portrait can consist of unstable nodes, stable nodes and saddles. These states correspond to damped or unfading oscillations in the concentrations of adsorbed components. In all cases when the system exhibits oscillations in a nested "dynamic" system, a response to them appears in the form of a nonmonotonic distribution of concentrations of substances in the flow over space. Figure 3 shows the typical results of processing the data obtained on the penetration of various pollutants through a layer of expanded vermiculite. Both the case of fading (*A*) and unfading oscillations (*B*) is presented in Figure 4.

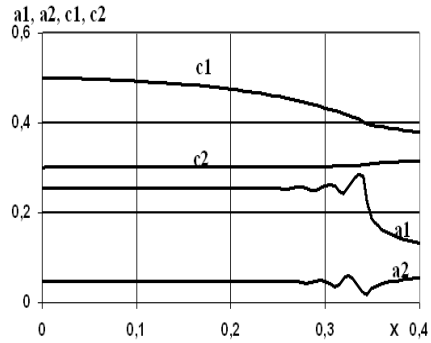


Fig. 3. Distribution of concentrations of substances the flow

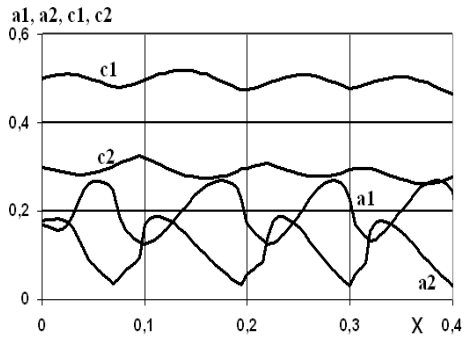


Fig. 4. Distribution of concentrations of substances the adsorbed state

A larger volume of computer research remains to be carried out, as well as a comparison of the results obtained with known experimental data. Such work will require separate specialized training to clearly define the verification concept.

Conclusion. The work devotes for carrying out the engineering model for describing mass transfer processes in non-equilibrium systems based on the methodology of relaxation transfer kernels applying to the dynamics of the adsorption process of a two-component liquid in the expanded adsorbents layer. The results of a qualitative and numerical study of the model are presented. At the same time, the possibility of the occurrence of wave modes of the adsorption process is shown. Possible types of emerging patterns have been identified. The fractal structure of the expanded adsorbent layers has been studied and corresponding estimates of the geometric parameters of the layer have been obtained. Further efforts will be aimed at identifying areas of different dynamics in the space of control parameters of the proposed novel model.

References

1. Wang D., Fan W., Yuan S., Liu T. Improving hierarchical porous structure of carbon aerogels for more efficient ion transport for supercapacitors with commercial level mass loading // Electrochimica Acta, 2019. Vol. 323. P. 134811.

2. Alexandratos S.D. Trends in ion exchange: Analysis of the literature // Reactive and Functional Polymers, 2021. Vol. 169. P. 105066.
3. Silva V.M.T.M., Rodrigues A.E. Kinetic studies in a batch reactor using ion exchange resin catalysts for oxygenates production: Role of mass transfer mechanisms // Chemical Engineering Science, 2006. Vol. 61, No. 2. P. 316-331.
4. Huang R., Zhang Q., Yao H., Lu X., Zhou Q., Yan D. Ion-exchange resins for efficient removal of colorants in bis (hydroxyethyl) terephthalate // ACS omega, 2021. Vol. 6, No. 18. P. 12351-12360.
5. Lee J., Chang J.Y.A hierarchically porous catalytic monolith prepared from a Pickering high internal phase emulsion stabilized by microporous organic polymer particles // Chemical Engineering Journal, 2020. Vol. 381. P. 122767.
6. Zhang H., Wang Z., Luo X., Lu J., Peng S., Wang Y., Han L. Constructing hierarchical porous carbons with interconnected micro-mesopores for enhanced CO2 adsorption // Frontiers in Chemistry, 2020. Vol. 7. P. 919.
7. Xu H., Zhang Y., Wang L., Chen Y., Gao S. Hierarchical porous biomass-derived carbon framework with ultrahigh surface area for outstanding capacitance supercapacitor // Renewable Energy, 2021. Vol. 179. P. 1826-1835.
8. Kaldybekova Z.B., Syrmanova K.K., Bayzhanova S.B., Agabekova A.B., Kurmasheva M.B., Bekbol M.Z. Some Aspects of Mathematical Modeling of the Geometric Structure of Porous Vermiculite Adsorbents Used in the Refining of Vegetable Oils // Chemical Engineering Transactions, 2023. Vol. 102. P. 349-354.
9. Raoelison R.N., Li J., Sapanathan T., Padayodi E., Buiron N., Racine D., Rachik M.A new nature of microporous architecture with hierarchical porosity and membrane template via high strain rate collision // Materialia, 2019. Vol. 5. P. 100205.
10. Man Y., Ding G., Xudong L., Xue K., Qu D., Xie Z. A review on porous ceramics with hierarchical pore structure by 3D printing-based combined route // Journal of Asian Ceramic Societies, 2021. Vol. 9, No. 4. P. 1377-1389.
11. Satayev M., Azimov A., Iztleuov G., Satayeva L. Modeling the Structure and Diffusion of Porous Layers // Water, 2024. Vol. 16, No. 1. P. 172.
12. Kabtamu D.M., Wu Y., Li F. Hierarchically porous metal–organic frameworks: synthesis strategies, structure (s), and emerging applications in decontamination // Journal of hazardous materials, 2020. Vol. 397. P. 122765.
13. Li T.Y.F., Yin Z., Li J., Peng X., Zeng M.H.The sequential structural transformation of a heptanuclear zinc cluster towards hierarchical porous carbon for supercapacitor applications // Chemical Science, 2022. Vol. 13, No. 36. P. 10786-10791.
14. Dullien, F.A.L. Porous media: fluid transport and pore structure. – Academic press, 2012.
15. Wang K.Y., Yang Z., Zhang J., Banerjee S., Joseph E.A., Hsu Y.C., Zhou H.C. Creating hierarchical pores in metal–organic frameworks via postsynthetic reactions // Nature Protocols, 2023. Vol. 18, No. 2. P. 604-625.
16. Wang Y., Wang C., Huang X., Zhang Q., Wang T., Guo X. Guideline for modeling solid-liquid adsorption: Kinetics, isotherm, fixed bed, and thermodynamics // Chemosphere, 2023. P. 140736.
17. Liang X., Liu R., Wu X. Biomass waste derived functionalized hierarchical porous carbon with high gravimetric and volumetric capacitances for supercapacitors // Microporous and Mesoporous Materials, 2021. Vol. 310. P. 110659.
18. Feder, E. Fraktaly [Fractals]: translation from English. – Moscow: World, 1991.
19. Avnir, D., Pfeifer, P. Fractal dimension in chemistry. An intensive characteristic of surface irregularity. – 1983.
20. Avnir D., Farin D., Pfeifer P. Molecular fractal surfaces // Nature, 1984. Vol. 308, No. 5956. P. 261-263.
21. Pfeifer P., Avnir D., Farin D. Ideally irregular surfaces, of dimension greater than two, in theory and practice // Surface Science, 1983. Vol. 126, No. 1-3. P. 569-572.
22. Shukre R., Bhaiya S., Hamid U., Tun H., Chen C.C. Thermodynamic modeling of adsorption at the liquid-solid interface // Fluid Phase Equilibria, 2023. Vol. 563. P. 113573.

23. Avnir D., Farin D., Pfeifer P. Chemistry in noninteger dimensions between two and three. II. Fractal surfaces of adsorbents // The Journal of chemical physics, 1983. Vol. 79, No. 7. P. 3566-3571.
24. Pfeifer P., Avnir D., Farin D. Scaling behavior of surface irregularity in the molecular domain: from adsorption studies to fractal catalysts // Journal of Statistical Physics, 1984. Vol. 36. P. 699-716.
25. Brener A.M. Nonlocal equations of the heat and mass transfer in technological processes // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2006. Vol. 40, No. 6. P. 564-572.
26. Yegenova A., Izmbergenov N., Sultanov M., Brener A. Computer Simulation of Nonlinear Waves in Liquid Films with Surface Activity and Mass Sources at the Bottom // Chemical Engineering Transactions, 2022. Vol. 94. P. 1057-1062.

Material received on 16.05.24.

Ж.С. Бахрам[1], О.П. Байысбай[1], А.М. Азимов[1], Н.Т. Сейтханов[1], А.М. Бренер[1], В.Н. Печерский[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

КЕҢЕЙГЕН СУБСТАНЦИЯЛАР ҚАБАТЫМЕН АДСОРБЦИЯЛЫҚ АППАРАТТАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа. Жұмыс стевия сығындысынан стевиозидті алу кезінде ион алмастырғыш шайырлары бар адсорбциялық аппаратта гидродинамика мен масса алмасуды зерттеу жобасының бөлігі болып табылады. Жеке заттарға қатысты селективтілікті арттыру, ассортиментті кеңейту, өндіру технологиясын жеңілдету және өнеркәсіптік адсорбенттерді өндірудің өзіндік құнын төмендету кезінде құрылымдық және сорбциялық сипаттамаларын жақсарту мәселелері өте өзекті. Жұмыс кеңейтілген ион алмастырғыш шайырлар қабатындағы адсорбцияны математикалық модельдеуге және теориялық сипаттауға арналған. Кеуекті материал қабатындағы адсорбцияның негізгі аспектілері қарастырылып, адсорбциялық қабат құрылымының моделі жасалған. Жұмыстың қосқан үлесі және оның ғылыми жаңалығы бәсекелестік адсорбцияны және кеуекті материалдың беткі адсорбциясы мен дисперсті фаза арасындағы масса алмасудың тепе-теңдік сипатын ескере отырып, екі компонентті дисперсті фаза эволюциясының математикалық моделі әзірленіп, сапалы талданғандығында. Нәтижелер мен қорытындыларды жылу және масса алмасу процестерін интенсификациялау бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарын жоспарлау және жүргізу кезінде, сондай-ақ адсорбциялық химиялық аппараттар мен адсорбциялық колонналарды жобалау кезінде пайдалану ұсынылады.

Тірек сөздер: адсорбция, адсорбциялық қабат, адсорбция толқыны, фракталдық өлшем, ион алмастырғыш шайырлардың көпкомпонентті жүйелері, стевия, кеуектілік.

Ж.С. Бахрам[1], О.П. Байысбай[1], А.М. Азимов[1], Н.Т. Сейтханов[1], А.М. Бренер[1], В.Н. Печерский[1]

[1]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

РАСЧЕТ АДСОРБЦИОННЫХ АППАРАТОВ СО СЛОЕМ РАССЕЯННЫХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. Работа является частью проекта по исследованию гидродинамики и массопереноса в адсорбционном аппарате с ионообменными смолами при экстракции стевиозида из экстракта стевии. Крайне актуальны вопросы улучшения

структурно-сорбционных характеристик при повышении селективности по отношению к отдельным веществам, расширении ассортимента, упрощении технологии изготовления и удешевлении производства промышленных адсорбентов. Работа посвящена математическому моделированию и теоретическому описанию адсорбции в слое вспученных ионообменных смол. Рассмотрены основные аспекты адсорбции в слое пористого материала и разработана модель строения адсорбционного слоя. Вклад работы и ее научная новизна заключаются в том, что разработана и качественно проанализирована математическая модель эволюции двухкомпонентной дисперсной фазы с учетом конкурентной адсорбции и неравновесного характера массопереноса между адсорбциями поверхности пористого материала и дисперсной фазы. Результаты и выводы рекомендуется использовать при планировании и проведении научно-исследовательских работ по интенсификации процессов тепло- и массообмена, а также при проектировании адсорбционных химических аппаратов и адсорбционных колонн.

Ключевые слова: адсорбция, адсорбционный слой, волна адсорбции, фрактальная размерность, многокомпонентные системы ионообменных смол, стевия, пористость.

IRSTI 61.13.21

V.A. Sadykov[1,2] – *main author*, **M.N. Simonov[2], A. Hassan[3]** ©

[1]Doctor of Chemical Sciences, Professor, [2]PhD, [3]PhD student

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0003-2404-0325 [2]https://orcid.org/0000-0002-5161-5684 [3]https://orcid.org/0000-0002-8725-186X*

[1,2,3]Novosibirsk State University, Boreskov Institute of Catalysis Novosibirsk, Russia

[2]Boreskov Institute of Catalysis, Novosibirsk, Russia

@ *[1]sadykov@catalysis.ru*

https://doi.org/10.55956/XUEK6603

METHODS FOR PRODUCING HYDROGEN: A BRIEF OVERVIEW

Abstract. The ever-increasing energy consumption and dwindling fossil resource reserves, progressive global warming and the resulting deterioration of the environment have led to intensive development of research in the field of more advanced alternative energy sources. One of the directions in which the energy sector is moving towards a “green” economy is the transition to new energy sources, primarily hydrogen. The vision of hydrogen as a essential clean fuel of the future as part of the global energy transition aimed at decarbonization and climate neutrality has led to the adoption of hydrogen strategies for the coming decades in two dozen countries. The main problem of hydrogen energy is the search for accessible, inexpensive and environmentally friendly sources of hydrogen. The article provides a review of existing methods for producing hydrogen.

Keywords: hydrogen, synthesis gas, energy, conversion.

Sadykov V.A., Simonov M.N., Hassan A. Methods for producing hydrogen: a brief overview // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.284-288. https://doi.org/10.55956/XUEK6603

Introduction. Today, greenhouse gas emissions are the main cause of global warming. The main problem of anthropogenic emissions is the fossil fuel energy sector. Therefore, the Paris Agreement (2016) called on a change of the world energy structure to combat global warming. One of the directions of the energy movement to the "green" economy is the transition to new energy sources, primarily related to the use of hydrogen [1].

Currently, hydrogen is the most discussed alternative to traditional energy carriers. Its main advantages in this role are energy and environmental safety (water is formed during the combustion process) and high efficiency of hydrogen fuel cells. The value of this gas in the processes of processing all types of hydrocarbons and decarbonization of existing industries is increasing [2].

According to the data of 2022, hydrogen is obtained mainly (96%) in the process of conversion of fossil fuels: naphtha reforming (30%), steam reforming of natural gas (48%) and coal gasification (18%) [3]. The remaining 4% of H_2 comes from a combination of methods that include biomass conversion and production using alternative energy sources (solar, wind) for water electrolysis [4]. Due to the

increase in demand (from 255.3 billion cubic meters in 2013 to about 324.8 billion cubic meters in 2020 [3]) and the tightening of requirements for its production, it is necessary to develop the above-mentioned methods that contribute to the reduction of the carbon footprint in the H_2 extraction process.

Currently, the most common industrial process producing 95% of syngas is steam reforming of methane [3], which together with steam conversion reaction can be an efficient source of hydrogen. This highly endothermic process, which produces a hydrogen-rich synthesis gas with a ratio of $H_2/CO = 3$, has been widely used on an industrial scale since the 1960s, when natural gas began to be used as a raw material instead of coal. This process is also the most popular and cheapest way to produce hydrogen. Compared to the electrolysis of water, much more H_2 is formed per unit of consumed energy.

Main section. There are three methods of oxidizing methane to synthesis gas:

– steam reforming:

$$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$$

$$\Delta H^0_{298} = +206 \text{ kJ/mole} \quad (1)$$

– partial oxidation by oxygen:

$$CH_4 + 1/2O_2 \leftrightarrow CO + 2H_2$$

$$\Delta H^0_{298} = -35.6 \text{ kJ/mole} \quad (2)$$

– dry reforming:

$$CH_4 + CO_2 \leftrightarrow 2CO + 2H_2$$

$$\Delta H^0_{298} = +247 \text{ kJ/mole} \quad (3)$$

Carbon dioxide reforming of methane to $CO + H_2$ synthesis gas is one of the most important chemical reactions suitable for industrial production of hydrogen and synthesis of hydrocarbons (liquid fuels) and other technically valuable products. In this case, the purity of the obtained hydrogen is 95-98, 5%, with 1-5% methane and traces of CO and CO_2 gases as impurities. Hydrogen production from biofuels can solve the problem of greenhouse emissions, and also allows the use of renewable energy sources.

At the same time, during the last twenty years, many works on hydrogen production by steam reforming of ethanol in traditional reactors with a fixed bed of catalyst have appeared [5-7] and various reaction mechanisms have been proposed. There are several reactions of ethanol reforming for hydrogen production: steam reforming (4), partial oxidation (5); oxy-steam reforming (6), dry reforming (7):

$$C_2H_5OH + 3H_2O \rightarrow 2CO_2 + 6H_2 \qquad \Delta H^0_{298} = +374 \text{ kJ/mole} \quad (4)$$

$$C_2H_5OH + 1.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2 \quad (5)$$

$$C_2H_5OH + (3- 2x)H_2O + xO_2 \rightarrow 2CO_2 + (6-2x) H_2 \quad (6)$$

$$C_2H_5OH + CO_2 \rightarrow 3CO + 3H_2 \quad (7)$$

From equation (4), taking into account its endothermic nature, the highest values of ethanol conversion can be obtained at high temperatures and low pressures.

To obtain pure hydrogen from syngas, the most efficient are membrane technologies using different types of membrane materials based on Pd alloys or nanocomposites comprised of metal alloy nanoparticles and protonic conductors [4]. The most efficient, inexpensive and robust are asymmetric supported membranes where thin dense layers of nanocomposites are loaded on foam metal substrates stable to thermal stresses and corrosion.

Currently, there are three methods of implementing electrolysis technology for hydrogen production, which differ in the type of electrolyte used and electrolysis conditions. Alkaline electrolyser is a device that uses the process of passing an electric current through an electrolyte solution (20-30% KOH or NaOH solution) from the anode to the cathode, as a result of which hydrogen and oxygen gases are formed (8):

$$H_2O \rightarrow H_2 + 0.5O_2 \quad (8)$$

at the cathode: $2OH^- \rightarrow 0.5O_2 + H_2O + 2e^-$

anode: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

The method of hydrogen production in electrolyzer with solid polymer electrolyte (SPE) [8] is historically associated with the design of the perfluorinated ion exchange membrane "Nafion" by DuPont. The first electrolyzers of this type were created in 1966, the membrane of such electrolytes is a perfluorinated carbon-based gas-tight polymer with mechanical strength, chemical stability and high electrical conductivity. The general chemical formula of the processes taking place at the electrodes:

at the cathode: $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$

anode: $2H_2O - 4\ e^- \rightarrow O_2 + 4H^+$

The advantages of this method over that with alkaline electrolyte are a high efficiency of the process, wide range and speed of performance adjustment, short start-up and stop time, high purity and ability to obtain hydrogen under pressure, convenient operation, absence of toxic alkali in the device.

Solid polymer electrolyte electrolyzers are several times more expensive than aqueous-alkaline electrolyzers with a similar performance, but at the same time they are environmentally friendly and consume less energy, they have significantly lower mass characteristics, a higher safety level, the ability to work in non-stationary modes, simple maintenance. An important feature of water electrolysis systems using solid polymer electrolyte electrolyzers is that the purity of the produced hydrogen corresponds to the quality of gases required for use in SPE fuel cells. At the same time, the electrolysis systems based on solid polymer electrolyte electrolyzers set stricter requirements for the purity of the supplied water.

Estimates based on a lifetime (about 5 years) show that the cost of hydrogen produced by SPE electrolysis is lower than that of hydrogen produced by alkaline electrolysis, especially when considering the cost of buildings, auxiliary equipment, hydrogen treatment and disposal of alkaline solution.

High-temperature electrolysis of water vapor is carried out in zirconium-based solid electrolyte cells modified with heterovalent oxide mixtures of some rare earth elements to increase its electrical conductivity. A similar electrolyte has anionic conductivity – the current is carried through it by oxygen ions formed as a result of the dissociation of water and the release of hydrogen at the cathode:

at the cathode: H_2O (vapour) + 2e- → O^{2-} + H_2

at the anode: O^{2-} → $0.5O_2$ + $2e^-$

Hydrogen is removed from the cathode space together with undecomposed steam. The process of electrolysis of water vapor takes place at a significantly lower voltage compared to the electrolysis of water solutions. However, the harsh operating conditions make it difficult to choose materials that are sufficiently resistant under anodic polarization conditions for the anode and to create a reliable anode-electrolyte-cathode cell that can withstand temperature changes from room temperature to operating electrolysis.

During the implementation of this process, there is an opportunity to dramatically reduce the consumption of electricity for the production of electrolytic hydrogen - not all energy should be provided in the form of electricity, part of the energy can be provided in the form of heat, and the higher the operating temperature of the cycle, the greater the share of heat energy in it can be obtained from an external source, for example, utilizing the energy of a nuclear reactor or from renewable sources through combustion.

Conclusion. The parallel reactions that occur during the indicated methods can be the main reason for the formation of by-products such as CO, CH_4, acetaldehyde, ethylene, ethane and others along with hydrogen and CO_2. The relative importance of each of these reaction pathways depends on the chosen reaction conditions (e.g., reaction temperature, feedstock composition, and exposure time) and catalyst selection. Existing technologies of hydrogen production are reviewed and problems requiring solution for their efficient and broad application are considered.

References

1. Smolentsev A.A., Shcherbakov A.N. Creation of the latest hydrogen technologies for land vehicles: current state and forecast for the future // Journal of automotive engineers, 2011. Vol. 4, No. 69. P. 39-41.
2. Nasirov I.R. Upgrade of oil refining dialectics // Oil and Gas Vertical, 2020. Vol. 476, No. 17.
3. Agyekum E.B., Nutakor C., Agwa A.M., Kamel S. A critical review of renewable hydrogen production methods: factors affecting their scale-up and its role in future energy generation // Membranes, 2022. Vol. 12, No. 2. P. 173.
4. Singla S., Shetti N.P., Basu S., Mondal K., Aminabhavi T.M. Hydrogen production technologies-membrane based separation, storage and challenges // Journal of Environmental Management, 2022. Vol. 302. P. 113963.
5. National Development and Reform Commission, Medium and long-term planning for hydrogen energy development (2021-2035) [Electronic resource]. – Access mode: https://en.ndrc.gov.cn/news/pressreleases/202203/t20220329_1321487.html.
6. [?] National Green Hydrogen Strategy / Ministry of Energy, Government of Chile. – 2020. – 30 p.
7. Sidorovich V. Regional hydrogen strategy: Australian Northern Territory [?].
8. Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition. Hydrogen Council. November 2017. [Electronic resource]. – Access mode:

https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf.

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the governmental order for Boreskov Institute of Catalysis (project FWUR-2024-0033).

Material received on 16.05.24.

В.А. Садыков[1,2], М.Н. Симонов[2], А. Хасан[1]

[1]Новосібір мемлекеттік университеті, Новосібір қ., Ресей
[2]К. Бересков атындағы катализ институты, Новосибирск қ., Ресей

СУТЕК АЛУ ӘДІСТЕРІ: ҚЫСҚА ШОЛУ

Аңдатпа. Энергияны тұтынудың үздіксіз артуы және қазба ресурстарының азаюы, жаһандық жылынудың артуы және соның салдарынан қоршаған ортаның нашарлауы анағұрлым жетілдірілген баламалы энергия көздерін зерттеудің артуына әкелді. Энергетика саласының «жасыл» экономикаға бет бұратын бағыттарының бірі жаңа энергия көздеріне, ең алдымен сутегіне көшу болып табылады. Декарбонизацияға және климаттың бейтараптығына бағытталған жаһандық энергетикалық ауысудың бөлігі ретінде болашақтың маңызды таза отыны ретінде сутегінің көрінісі жиырмадан астам елде алдағы онжылдықтарға арналған сутегі стратегиясын қабылдауға әкелді. Сутегі энергетикасының негізгі мәселесі сутегінің қолжетімді, арзан және экологиялық таза көздерін іздеу болып табылады. Мақалада сутегін алудың қолданыстағы әдістеріне шолу жасалады.

Тірек сөздер: сутегі, синтез газы, энергия, конверсия.

В.А. Садыков[1,2], М.Н. Симонов[2], А. Хасан[1]

[1]Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
[2]Институт катализа имени Г.К. Борескова, г. Новосибирск, Россия

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА: КРАТКИЙ ОБЗОР

Аннотация. Непрекращающийся рост энергопотребления и снижение ископаемых ресурсов, рост глобального потепления и как следствие ухудшение состояния окружающей среды привело к росту исследований более совершенных альтернативных источников энергии. Одним из направлений движения энергетики к «зеленой» экономике является переход на новые источники энергии, в первую очередь к ним относится водород. Рассмотрение водорода как важнейшего экологически чистого топлива будущего в рамках мирового энергетического перехода, направленного на декарбонизацию и достижение климатической нейтральности, привело к принятию водородных стратегий на ближайшие десятилетия в двух десятках стран. Основной проблемой водородной энергетики является поиск доступных, недорогих и экологически безопасных источников водорода. В статье проведен обзор существующих методов производства водорода.

Ключевые слова: водород, синтез-газ, энергетика, конверсия.

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/IAWS4277

РАСЧЕТ ПОРОЗНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА НАСАДКИ ТЕПЛОМАССООБМЕННОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯРНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ НАСАДКОЙ

Аннотация. Рассмотрено применение в тепломассообменных аппаратах модернизированных нерегулярных стационарных насадок, регулярных стационарных насадок, подвижных (взвешенных, фонтанирующих и циркулирующих) и регулярных подвижных насадок.

Установлено, что движение газа осуществляется по извилистым каналам, образованным регулярно размещенными насадочными элементами. Получены уравнения для расчета порозности вращающейся насадки в сечении аппарата, объемной порозности и эквивалентного диаметра, учитывающие конструктивные составляющие вращающихся насадочных элементов с прямоугольными лопастями и шаги размещения элементов насадки в вертикальном и радиальном направлениях.

Рассмотрено и проанализировано влияние шагов расположения насадочных элементов на эквивалентный диаметр на основе полученных графических зависимостей. Определено, что эквивалентный диаметр от шагов расположения вращающихся элементов в вертикальном и радиальном направлениях зависит прямо пропорционально. Это позволяет предположить, что при средних значениях шагов расположения насадочных элементов возможно снижение энергозатрат.

Ключевые слова: тепломассообменный аппарат, регулярная вращающаяся насадка, порозность в сечении, объемная порозность, эквивалентный диаметр, вертикальный шаг, радиальный шаг.

Волненко, А.А. Расчет порозности и эквивалентного диаметра насадки тепломассообменного аппарата 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. – №2(84). – Б.289-298. https://doi.org/10.55956/IAWS4277

Введение. Во многих отраслях промышленности, таких как химическая, нефтегазоперерабатывающая и других, для проведения процессов тепломассообмена широкое распространение получили насадочные аппараты.

В настоящее время известны модернизированные нерегулярные стационарные насадки CMR No2, Hiflow ring, VSP ring, Poll ring, INTALOX, NOR-PAC, Hackette, DINP AC, ENVIPAC [1-4], насадки, разработанные Инженерно-внедренческим центром «Инжехим» это такие как «Инжехим-2000», «Инжехим-2002», «Инжехим-2003-М» [5-7].

К регулярным стационарным насадкам можно отнести насадки Mellapak, Montz A1, Montz A2, Montz A3, Montz B1, Rolupak 250Y, Sutzer BX, Gempak A21 и.т.д. [8,9].

К аппаратам с подвижной насадкой относятся аппараты со взвешенной, фонтанирующей насадкой и с циркулирующей насадкой [10]. Класс аппаратов с регулярной подвижной насадкой представляют аппараты с насадочными элементами простых геометрических форм – шары, пластины, призматические тела с круглым, квадратным, х-образным поперечным сечением [11,12], а также совершающие вращательные и колебательные движения [13,14].

Для всех созданных аппаратов важными характеристиками являются порозность насадки и эквивалентный диаметр, позволяющие прогнозировать энергетические затраты на проведение процессов. В связи с этим, получение расчетных зависимостей для определения порозности насадки и эквивалентного диаметра насадочной зоны аппарата с вращающимися насадочными элементами с прямоугольными лопастями представляется актуальным.

Новизной темы является получение уравнений для расчета порозности насадки и эквивалентного диаметра новой конструкции вращающейся насадки с прямоугольными лопастями.

Условия и методы исследования. Условиями для проведения вычислительных экспериментов является подробный анализ конструктивных составляющих вращающихся насадочных элементов с прямоугольными лопастями (ось, втулка, наклонные прямоугольные лопасти, кольцевой обод и др.), а также расположение элементов насадки в вертикальном и радиальном направлениях.

Результаты исследования и обсуждение научных результатов. Известно, что газ движется через насадку по извилистым каналам, образованным насадочными телами. Сечение этих каналов не постоянно по высоте аппарата и, следовательно, скорость газа также является переменной величиной. При изучении насадочных абсорберов исходят из средней скорости газа, которую находят делением объемного расхода газа на среднее сечение каналов [14].

Для насадочных аппаратов со стационарной насадкой [14] площадь сечения колонны S ($м^2$), высота насадки H (м) и ее свободный объем ε. Тогда объем пустот в насадке, т.е. объем каналов, по которым движется газ, составляет SHε ($м^3$). Средняя длина каналов (длина пути газа) равна Hk (здесь k – коэффициент, учитывающий извилистость каналов). Среднее значение каналов составляет:

$$S_{кан} = \frac{S \cdot H \cdot \varepsilon}{H \cdot k} = \frac{S \cdot \varepsilon}{k} \quad (1)$$

Величину $\omega = \frac{^{\circ}S_{кан}}{S} = \frac{\varepsilon}{k}$, равную отношению среднего сечения каналов к сечению колонны, называют живым сечением насадки [14].

Средняя скорость газа:

$$w = \frac{V_г}{S_{кан}} = \frac{V_г}{S \cdot \omega} = \frac{w_0 \cdot k}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где $w_0 = \frac{V_г}{S}$ – скорость газа, отнесенная ко всему сечению колонны.

Обычно принимают k=1, тогда ω= ε и уравнение (2) принимает вид:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \quad (3)$$

Эквивалентный диаметр насадки определим как эквивалентный диаметр каналов, по которым движется газ [14]:

$$d_{экв} = \frac{4\varepsilon}{a_н}, \quad (4)$$

где ε – объемная порозность насадки; $a_н$ – удельная поверхность насадки в единице объема аппарата.

Для аппарата с регулярной вращающейся насадкой нами получены уравнения для определения порозности в сечении аппарата, объемной порозности и эквивалентного диаметра насадки.

Порозность вращающейся насадки в сечении аппарата. На рисунке 1 представлена ячейка насадки в сечении аппарата размером $t_p x t_p$.

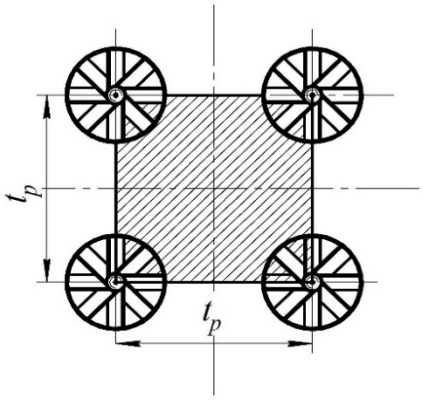


Рис. 1. Ячейка насадки в сечении аппарата

В общем виде порозность вращающейся насадки в сечении аппарата может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{S_{эл}}{S_{яч}}, \quad (5)$$

где $S_{эл}$ – площадь составляющих насадочного элемента, м^2; $S_{яч}$ – площадь ячейки насадки, м^2.

Площадь составляющих элементов вращающегося насадочного элемента определим по формуле:

$$S_{эл} = S_{тр} + S_{лоп} + S_{об}. \quad 6)$$

Здесь площадь трубы (с учетом диска):

$$S_{тр} = \frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{4} \quad (7)$$

площадь лопастей:

$$S_{лоп} = 8 \cdot b \cdot cos \propto \cdot l \quad (8)$$

площадь обода:

$$S_{об} = \pi \cdot d_{об} \cdot \delta_{об} \quad (9)$$

В уравнениях (7) - (9) $d_{тр}$ – диаметр трубы, м; b и l – ширина и длина лопасти, м; $\propto$ – угол наклона лопасти; $d_{об}$ – диаметр обода, м; δ – толщина обода, м.

Площадь ячейки насадки:

$$S_{яч} = t_р^2, \quad (10)$$

где $t_р$ – радиальный шаг между осями с вращающимися элементами.

После подстановки всех величин в формулу (5) имеем:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{0{,}785 \cdot d_{тр}^2 + 8 \cdot b \cdot cos \propto \cdot l + \pi \cdot d_{об} \cdot \delta}{t_р^2} \quad (11)$$

На рисунке 2 представлена ячейка насадки в объеме аппарата размером $t_р x t_р x t_в$.

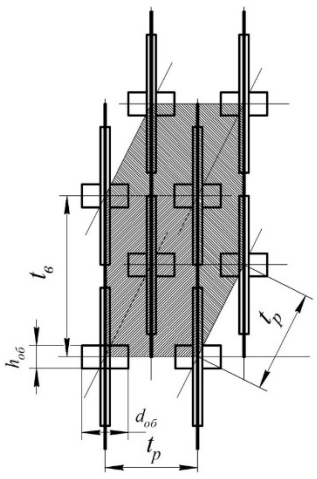


Рис. 2. Ячейка насадки в объеме аппарата

Объемная порозность регулярной вращающейся насадки может быть определена по формуле:

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_{эл}}{V_{яч}} \quad (12)$$

Объем составляющих элементов вращающегося насадочного элемента определим по формуле:

$$V_{эл} = V_{тр} + V_{лоп} + V_{об}. \quad (13)$$

Здесь объем трубы (с учетом диска):

$$V_{тр} = \frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{4} \cdot t_{в} \quad (14)$$

объем лопастей:

$$V_{лоп} = 8 \cdot b \cdot cos \propto \cdot l \cdot \delta_{лоп} \quad (15)$$

объем обода:

$$V_{об} = \pi \cdot d_{об} \cdot \delta_{об} \cdot h_{об} \quad (16)$$

объем ячейки насадки:

$$V_{яч} = t_{р}^2 \cdot t_{в}, \quad (17)$$

где $t_{в}$ – вертикальный шаг между вращающимися элементами.

Подставляя формулы (14) - (16) в уравнение (5), а затем в (12), получим:

$$\varepsilon = 1 - \frac{0{,}785 \cdot d_{тр}^2 \cdot t_{в} + 8 \cdot cos\alpha \cdot l \cdot \delta_{лоп} + 3{,}14 \cdot d_{об} \cdot h_{об} \cdot \delta_{об}}{t_{тр}^2 \cdot t_{в}} \quad (18)$$

Эквивалентный диаметр регулярной вращающейся насадки определяется по формуле (4).

Удельную поверхность вращающейся насадки определим по формуле:

$$a_{н} = \frac{S_{эл}^{н}}{V_{яч}} \quad (19)$$

Удельная площадь составляющих элементов вращающегося насадочного элемента определим по формуле:

$$S_{эл}^{н} = S_{тр}^{н} + S_{лоп}^{н} + S_{об}^{н} \quad (20)$$

Здесь удельная площадь трубы:

$$S_{тр}^{н} = \pi \cdot d_{тр} \cdot t_{в} \quad (21)$$

удельная площадь лопастей:

$$S_{лоп}^{н} = 16 \cdot b \cdot l \quad (22)$$

удельная площадь обода:

$$S_{\text{об}}^{\text{н}} = 2 \cdot \pi \cdot d_{\text{об}} \cdot h_{\text{об}} \,. \qquad (23)$$

Подставляя формулы (18) и (19), с учетом (21) - (23), в уравнение (4), получим:

$$d_{\text{экв}} = \frac{4 \cdot \left[t_{\text{тр}}^2 \cdot t_{\text{в}} - \left(0{,}785 \cdot d_{\text{тр}}^2 \cdot t_{\text{в}} + 8 \cdot cos\alpha \cdot l \cdot \delta_{\text{доп}} + 3{,}14 \cdot d_{\text{об}} \cdot h_{\text{об}} \cdot \delta_{\text{об}}\right)\right]}{3{,}14 \cdot d_{\text{тр}} \cdot t_{\text{в}} + 16 \cdot b \cdot l + 6{,}28 \cdot d_{\text{об}} \cdot h_{\text{об}}} \qquad (24)$$

На рисунках 3 и 4 приведены результаты расчета по полученным уравнениям.

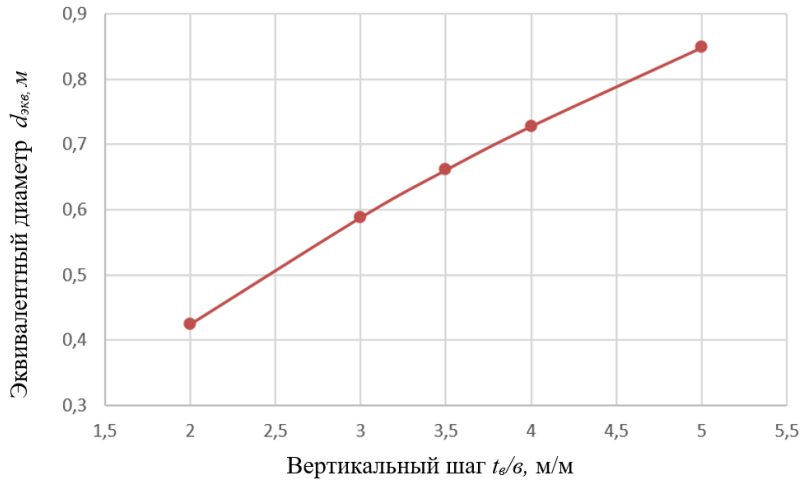


Рис. 3. Зависимость эквивалентного диаметра регулярной вращающейся насадки $d_{экв}$ от шагов расположения элементов насадки в вертикальном направлении $t_в/d_{об}$

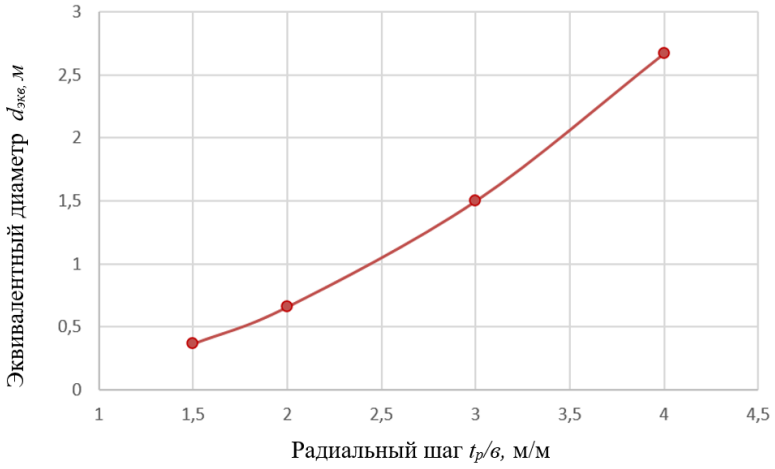


Рис. 4. Зависимость эквивалентного диаметра регулярной вращающейся насадки $d_{экв}$ от шагов расположения элементов насадки в радиальном направлении $t_р/d_{об}$

Как видно из рисунка 3 при изменении шагов расположения труб в вертикальном направлении $t_в/d_{об}$ от 2 до 5, также, как и при изменении шагов расположения труб в радиальном направлении $t_р/d_{об}$ от 1,5 до 2 (рис. 4) значение величин $d_{экв}$ растут. Это очевидно, так как зависимость эквивалентного диаметра от шагов расположения труб прямо пропорциональна.

Заключение. На основе анализа влияния конструктивных параметров нерегулярных стационарных насадок, регулярных стационарных насадок, подвижных и регулярных подвижных насадок установлено, что движение газа осуществляется по извилистым каналам, образованным регулярно размещенными насадочными элементами.

Используя известный подход, получены уравнения для расчета порозности вращающейся насадки в сечении аппарата, объемной порозности и эквивалентного диаметра, учитывающие конструктивные составляющие вращающихся насадочных элементов с прямоугольными лопастями и шаги размещения элементов насадки в вертикальном и радиальном направлениях.

Проведен анализ результатов вычислений эквивалентного диаметра от шагов расположения вращающихся элементов в вертикальном и радиальном направлениях, который позволил предположить, что при средних значениях шагов расположения насадочных элементов возможно снижение энергозатрат.

Список литературы

1. Пушнов, А.С. Методы интенсификации процесса тепло и массообмена в колонных аппаратах с контактными устройствами [Текст] / А.С. Пушнов, А.С. Соколов, М.М. Бутрин // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2013. – Т. 4. – № 1 (15). – С. 237-242.
2. Соколов, А.С. Тепло-и массообменные испытания миникольцевых насадок из полимерного материала [Текст] / А.С. Соколов, А.С. Пушнов, И.И. Сидельников, А.В. Толстиков, Е.А. Курбатова // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т. 3. – № 3 (21). – С. 73-81.
3. Каган, А.М. Сравнительные характеристики нерегулярных металлических насадок [Текст] / А.М. Каган, К.В. Чиж, А.С. Тимонин, А.С. Пушнов // Химическая промышленность. – 2012. – Т. 89. – № 1. – С. 39-47.
4. Городилов, А.А. Интенсификация процесса тепломассообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой [Текст]: Дисс. …канд. техн. наук. / Городилов А.А. – М., 2016. – 142 с.
5. Лаптев, А.Г. Определение эффективности очистки газов от дисперсной фазы и модернизация скрубберов высокоэффективными насадками [Текст] / А.Г. Лаптев, Т.М. Фарахов, М.М. Башаров // Надежность и безопасность энергетики. – 2019. – № 1. – С. 50-55.
6. Башаров, М.М. Тепломассообменные и энергетические характеристики насадок колонных аппаратов [Текст] / М.М. Башаров, Е.А. Лаптева // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2020. – № 1 (56). – С. 9-11.
7. 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.
8. Maćkowiak J. Fluid dynamics of packed columns; principles of the fluid dynamic of column for gas/liquid and liquid/liquid systems. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 355 p.
9. Балабеков, О.С. Расчет и конструирование тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой [Текст] / О.С. Балабеков, А.А. Волненко. – Шымкент, 2015. – 184с.

10. Волненко, А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов [Текст]: Дис. … докт. техн. наук. / Волненко А.А. – Шымкент, 1999. – 300 с.
11. Серикулы, Ж. Разработка и расчет тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода [Текст]: Дис. … доктора PhD. / Серикулы Ж. – Шымкент. 2015. – 141 с.
12. Кумисбеков, С.А. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярной пластинчатой вибрирующей насадкой [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук. / Кумисбеков С.А. – Шымкент, 1999. – 261 с.
13. Исмаилов, Х.Б. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярными вибрирующими спиральными насадками [Текст]: Дис. … канд. техн. наук. / Исмаилов Х.Б. – Шымкент, 2006. – 140 с.
14. Рамм В.М. Абсорбция газов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 656с.

Материал поступил в редакцию 12.06.24.

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 АППАРАТЫНЫҢ САПТАМАСЫНЫҢ КЕУЕКТІЛІГІН ЖӘНЕ ЭКВИВАЛЕНТТІ ДИАМЕТРІН ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа. Жаңартылған тұрақты емес стационарлық саптамаларды, тұрақты стационарлық саптамаларды, жылжымалы (ілулі, ағынды және циркуляциялық) және қалыпты жылжымалы саптамаларды жылу және масса алмасу құрылғыларында пайдалану қарастырылады.

Газ қозғалысы тұрақты орналастырылған элементтерден құралған бұралмалы арналар арқылы жүретіні анықталды. Тік бұрышты қалақшалары бар айналмалы саптама элементтерінің құрылымдық құрамдас бөліктерін және саптама элементтерін тік және радиалды бағыттарда, аппарат бөліміндегі айналмалы саптаманың кеуектілігін, көлемдік кеуектілігін және эквивалентті диаметрін есептеу үшін теңдеулер алынды.

Алынған графикалық тәуелділіктер негізінде орау элементтерінің орналасу қадамдарының эквивалентті диаметрге әсері қарастырылады және талданады. Эквивалентті диаметр айналмалы элементтердің тік және радиалды бағыттағы қадамдарына тікелей пропорционалды тәуелді екендігі анықталды. Бұл оралған элементтердің орташа мәндерімен энергия шығындарын азайтуға болатынын көрсетеді.

Тірек сөздер: жылу және масса алмасу аппараты, тұрақты айналмалы саптама, көлденең қиманың кеуектілігі, көлемдік кеуектілігі, эквивалентті диаметрі, тік қадамы, радиалды қадамы.

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 POROSITY AND EQUIVALENT NOZZLE DIAMETER OF A HEAT AND MASS TRANSFER APPARATUS WITH A REGULAR ROTATING NOZZLE

Abstract. The use of modernized irregular stationary nozzles, regular stationary nozzles, movable (suspended, gushing and circulating) and regular movable nozzles in heat and mass transfer devices is considered.

It is established that the gas movement is carried out along tortuous channels formed by regularly placed nozzle elements. Equations for calculating the porosity of the rotating nozzle in the cross-section of the apparatus, volume porosity and equivalent diameter, taking into account the structural components of rotating nozzle elements with rectangular blades and the steps of placing the nozzle elements in the vertical and radial directions, have been obtained.

The influence of arrangement steps of the nozzle elements on the equivalent diameter on the basis of the obtained graphical dependences is considered and analysed. It is determined that the equivalent diameter depends on the steps of rotating elements arrangement in vertical and radial directions in direct proportion. It allows to assume that at average values of steps of arrangement of the nozzle elements it is possible to reduce energy consumption.

Keywords: heat and mass transfer apparatus, regular rotating nozzle, porosity in section, volume porosity, equivalent diameter, vertical pitch, radial pitch.

References

1. Pushnov A.S., Sokolov A.S., Butrin M.M. Metody intensifikatsii protsessa teplo i massoobmena v kolonnykh apparatakh s kontaktnymi ustroystvami [Methods for intensifying the process of heat and mass transfer in column devices with contact devices] // Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI [News of the Moscow State Technical University MAMI], 2013. Vol. 4. No. 1 (15). P. 237-242, [in Russian].
2. Sokolov A.S., Sidelnikov I.I., Tolstikov A.V., Kurbatova E.A. Teplo- i massoobmennyye ispytaniya minikol'tsevykh nasadok iz polimernogo materiala [Heat and mass transfer tests of mini-ring nozzles made of polymer material]// Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI [News of the Moscow State Technical University MAMI], 2014. Vol. 3. No. 3 (21). P. 73-81, [in Russian].
3. Kagan A.M., Chizh K.V., Timonin A.S., Pushnov A.S. Sravnitel'nyye kharakteristiki neregulyarnykh metallicheskikh nasadok [Comparative characteristics of irregular metal nozzles] // Khimicheskaya promyshlennost' [Chemical industry], 2012. Vol. 89. No 1. P. 39-47, [in Russian].
4. 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]. Diss. ...cand. tech. Sci., Moscow, 2016. – 142 p., [in Russian].
5. Laptev A.G., Farakhov T.M., Basharov M.M. Opredeleniye effektivnosti ochistki gazov ot dispersnoy fazy i modernizatsiya skrubberov vysokoeffektivnymi nasadkami [Determination of the efficiency of gas purification from the dispersed phase and modernization of scrubbers with highly efficient nozzles] // Chemical industry [Reliability and safety of energy], 2019. No. 1. P. 50-55, [in Russian].

6. Basharov M.M., Lapteva E.A. Teplomassoobmennyye i energeticheskiye kharakteristiki nasadok kolonnykh apparatov [Heat and mass transfer and energy characteristics of column packings] // Khimicheskoye i neftegazovoye mashinostroyeniye [Chemical and oil and gas engineering], 2020, Vol.56. No. 1. P. 9-11, [in Russian].
7. 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].
8. Maćkowiak J. Fluid dynamics of packed columns; principles of the fluid dynamic of column for gas/liquid and liquid/liquid systems. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 355 p.
9. 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].
10. 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. ... Doc. Tech. Sci. - Shymkent, 1999. – 300 p., [in Russian].
11. Serikuli Zh. Razrabotka i raschet teplomassoobmennykh apparatov s podvizhnoy nasadkoy s uchetom masshtabnogo perekhoda [Development and calculation of heat and mass transfer devices with a movable nozzle taking into account the scale transition]: Dis. ... PhD doctors. – Shymkent. 2015. – 141 p., [in Russian].
12. Kumisbekov S.A. Gidrodinamika i massoobmen v apparate s regulyarnoy plastinchatoy vibriruyushchey nasadkoy [Hydrodynamics and mass transfer in an apparatus with a regular plate vibrating nozzle]: Dis. ...Cand. Tech. Sci. – Shymkent, 1999. – 261 p., [in Russian].
13. Ismailov Kh.B. Gidrodinamika i massoobmen v apparate s regulyarnymi vibriruyushchimi spiral'nymi nasadkami [Hydrodynamics and mass transfer in an apparatus with regular vibrating spiral nozzles]: Dis. ...Cand. Tech. Sci. Shymkent. 2006. – 140 p., [in Russian].
14. Ramm V.M. Absorbtsiya gazov [Absorption of gases]. 2nd ed. reworked and additional. – M.: Chemistry, 1976. – 656 p., [in Russian].

МРНТИ 64.29.23

С.Ш. Сабырханова[1]– *основной автор*, **Б. Абзалбекұлы[2], Г.К. Елдияр[3]** ©

[1,2,3]*PhD*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-7665-0099* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9552-0388*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-7459-0870*

[1,3]*Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан*
[2]*Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*

[2]*bekontiru@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/OMBS3603

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУР ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОДИФИЦИРОВАНЫХ ПРИРОДНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Аннотация. В научном исследовании представлены результаты исследовательской работы по ИК-спектроскопии окрашенных тканей натуральными красителями и с добавлением протрав для улучшения физико-химических свойств обувного материала, а также описывается сравнительный анализ функциональных групп эстракта натуральных красителей из кожуры лука, зверобоя и пижмы для окрашивания текстильных материалов, обладающих способностью противостоять микроорганизмам.

На современном этапе является актуальным получение и исследование природных красителей для текстильных материалов. В этой статье освещаются различные природные источники и возможности использования этих веществ в текстиле для придания антимикробных свойств, а также обсуждаются результаты ИК спектроскопического исследования окрашенных материалов различными видами красителей и модифицирующих добавок. Применение природных красителей позволит улучшить гигиенические свойства изделий и повысить экологичность отделочного процесса. В работе проведены ИК-спектроскопические исследования текстильных материалов с применением разработанных красителей. Для улучшения качества крашения и химических свойств в состав красителей добавлялись различные модифицирующие компоненты.

Ключевые слова: текстиль, природные красители, функциональные группы, ИК-спектроскопия.

Сабырханова, С.Ш. Сравнительный анализ структур текстильных материалов с применением различных видов модифицированых природных красителей [Текст] / С.Ш. Сабырханова, Б. Абзалбекұлы, Г.К. Елдияр // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.299-307. https://doi.org/10.55956/OMBS3603

Введение. Некоторые сельскохозяйственные отходы и дикорастущие растения сжигаются в качестве топлива или утилизируются как промышленные отходы. В последние десятилетия большой интерес вызвала оценка антиоксидантной активности различных растений. В сельском

хозяйстве и пищевой промышленности образуется большое количество органических отходов, которые содержат красящие пигменты. Использование натуральных красителей в текстильной и легкой промышленности позволит улучшить гигиенические свойства изделий [1-6].

Некоторые фитопрепараты, как правило, сочетают в себе высокую эффективность, относительную безопасность и широту терапевтического действия. Однако многие лекарственные растения остаются недостаточно изученными с точки зрения химического состава, фармакологических свойств.

С этой целью методом ИК-спектроскопии была изучена структура текстильных материалов, окрашенных различными натуральными красителями [7].

Условия и методы исследования. Для исследования была выбрана ткань для верха обуви на основе хлопка и полиэстера, которая была произведена на текстильной фабрике AZALA. Состав ткани: 48% хлопок, 52% полиэстер, вид переплетения 2/2. Идентификация образца текстильных материалов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Идентификация образца

Номер пряжи по основе	27/1
Номер пряжи по утку	27/1
Состав ткани	52%р 48%с
Переплетение	2/2

Экстракты красителей для крашения текстильных материалов для обуви получены из кожуры лука, пижмы и зверобоя. Технология получения красителя описана в работе [8]. В состав красителя были добавлены следующие модифицирующие компоненты: алюмокалиевые квасцы или сульфат меди. Алюмокалиевые квасцы не искажают цвет красителя, в случае открытых ран обладают кровоостанавливающей и обеззараживающей функциями, сульфат меди не только расширяет спектр колорирования, но также с давнего времени используется как антисептическое и вяжущее лекарственное средство [11].

Структурный анализ исследуемых образцов текстильных материалов был проведен на спектрометре Prestige – 21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения. Приставки НПВО позволяют анализировать образцы текстильного материала без специальной подготовки. Возможность расширения спектрального диапазона 4000см$^{-1}$ – 350см$^{-1.}$

Натуральные красители, отвечающие за антимикробные свойства, включают фенольные соединения и флаваноиды. ИК–анализ экстрактов пижмы выявил присутствие различных функциональных карбонильных групп (C=O) и альдегидных групп, C=C stretch, хинона или конъюгированного кетона и органических сульфатов, OH-bend, которые показали характеристики водопоглощения. Результаты исследования подтверждаются Ванкаром [9,10], который заявил, что цвет окрашенных тканей зависит от природы хромофоров, а также функциональных групп-заместителей. Сообщалось, что сильная антимикробная активность некоторых красителей обусловлена наличием фенола, танина и хинона в их экстрактах [11].

В работе [11,12] были использованы результаты ИК-спектров текстильных материалов, изготовленных с использованием разработанных экстрактов. В результате были выявлены следующие полосы поглощения: валентные колебания C = C, не сопряженные с фенилом 1624 $см^{-1}$, вторичными алкилнитросоединениями 1357 $см^{-1}$, амидными кислотами 1225 $см^{-1}$, алифатическими аминами 1220-1020 $см^{-1}$. Использование натуральных красителей улучшит гигиенические свойства изделий и повысит экологичность процесса отделки.

Использование спектрофотометрического анализа при определении экстрактивных красящих веществ дало возможность понять химический состав и природу связей в молекулах флавоноидов. Основным красящим компонентом, содержащимся в самой внешней сухой кожуре лука, является кесертин, флавоноид, протокатехиновая кислота, кемпферол, антоцианадин и некоторые дубильные вещества. Присутствие хинона отвечает за антибактериальные свойства [12-15].

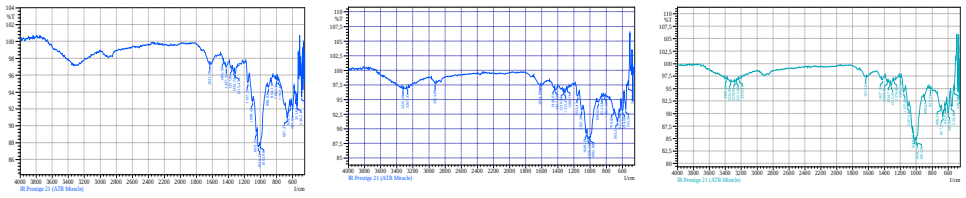
Результаты исследований и обсуждение научных результатов. Полученные результаты ИК−спектроскопического исследования текстильного материала без окрашивания показали пики поглощения при 3340 $см^{-1}$, что соответствует растяжению N-H (амины и амидоамиды 10, 20 градусов), и имеют интенсивность 96,571, а также площадь, равную 0,286. Полосы поглощения при 3282 $см^{-1}$ относятся к разбавлению O–H (карбоновая кислота) и –C ≡ C–H: C–H (алкины) с площадью 0,651 и интенсивностью 96,571 соответственно. 2912 $см^{-1}$ относятся к разбавлению C-H (алканы) с интенсивностью 97 304 и площадью около 0,377. Пик при 1712 $см^{-1}$ относится к разбавлению C=O (группа карбонилов и карбоновой кислоты) с интенсивностью 94,472 и площадью 1,344. 1504 $см^{-1}$, что указывает на присутствие сильных нитросоединений N–O асимметричного растяжения и 1408 $см^{-1}$ среднего растяжения C–C. (в кольце) ароматических веществ. 1369 $см^{-1}$, 1338 $см^{-1}$, 1242 $см^{-1}$, указывает на средние C–H–алканы, средние N–O–симметричные нитросоединения растяжения, C–N ароматические амины растяжения, сильные C-O-спирты растяжения, карбоновые кислоты, сложные эфиры, средние C-H-wag (–CH_2X) алкилгалогениды и C–N растягивают алифатические амины. Пик на 871 соответствует алкенам с сильным изгибом C–H, аминам N–H 1, 2, сильным ароматическим соединениям C–H а пики, на 844 представляют собой средние. Последний пик при 663 указывает на пересечение –C ≡ C–H: алкины изгиба C–H и алкилгалогениды растяжения C–Br средней плотности.

ИК-спектр текстильного материала с красителем на основе пижмы представлен на рисунке 1а. Анализ ИК спектра показал, что полоса поглощения, характерная для контрольного образца изменяется из-за воздействия красителя пижмы. Согласно рисунка 1а, в спектре образца, неокрашенного предлагаемым составом, исчезают пики 3340 $см^{-1}$, 3282 $см^{-1}$, 2912 $см^{-1}$ и появляются новые полосы поглощения в пике при 1465 $см^{-1}$, 1427 $см^{-1}$, 1357 $см^{-1}$, 1334 $см^{-1}$, 1315 $см^{-1}$, 1157 $см^{-1}$, которые характерны для ароматических соединений средней степени растяжения C–C (в кольце), алканов средней степени растяжения C–H, нитросоединений симметричной растяжимости N–O, спиртов средней растяжимости C–O, карбоновых кислот, сложных эфиров, простые эфиры, алкилгалогениды C-H wag (-CH_2X) и алифатические амины C-N растяжением. На пике 1026 $см^{-1}$, 898 $см^{-1}$ появляются новые полосы, характерные для спиртов с сильным растяжением C-O, карбоновых кислот, сложных эфиров, алифатических аминов со средним

растяжением C-N, алкенов с изгибом C–H, аминов с сильным изгибом N–H-1, 2 и ароматические вещества C–H. Новые пики на 798 $см^{-1}$, 667 $см^{-1}$ представляют собой среднюю растяжимость C–Cl и C-Br.

На рисунке 1б показан образец окрашенный экстрактом зверобоя чей ИК-спектр указывает на присутствие различных функциональных групп на разных пиках, которые отвечают за различные свойства. Спектр экстрактов зверобоя представляет пик при 3325 $см^{-1}$ из-за гидроксильной группы (H–связанное-OH-растяжение, N–H растяжение и –C≡C–H: C-H растяжение), на пике 2924 $см^{-1}$ (асимметричное и симметричное растяжение в C-CH3), 1624 $см^{-1}$ и 1446 $см^{-1}$ (аминогруппы C=C), 1330 $см^{-1}$ (N-O симметричное растяжение), 1153 $см^{-1}$ (C-H (-CH_2X)) 1049 $см^{-1}$ (асимметричный и симметричный C-O-C), 898 $см^{-1}$ и 709 $см^{-1}$ (-CH_3 - и C-C–, 663 $см^{-1}$ (алифатические соединения брома соответственно). ИК-анализ красящих экстрактов луковой шелухи выявил присутствие гидроксильной группы (H–связанная-OH–растяжка), метилен–CH-растяжка, карбонильной группы (C=O) и альдегидной группы, C=C-растяжка, хинона или сопряженного кетона и органических сульфатов, OH - растяжка, которые показали характеристики водопоглощения.

Спектр красителя для луковой шелухи (рис. 1в) представляет пик при 3390$см^{-1}$, обусловленный гидроксильной группой (H-связанный–OH-растяжение), пик при 3278$см^{-1}$, который был обусловлен метилен-CH-растяжением, а пик при 1635$см^{-1}$ и 1427 $см^{-1}$ указывал на присутствие из C=C-растяжения, хинона или конъюгированного кетона и органических сульфатов, соответственно. Наконец, пики при 1026 $см^{-1}$, 825 $см^{-1}$ и 632 $см^{-1}$ демонстрировали присутствие вибратов –C–O и алифатических соединений брома, соответственно. ИК-анализ порошка красителя для кожуры лука выявил присутствие различных функциональных групп гидроксильной группы (H–связанная-OH–растяжка), метилен–CH-растяжка, карбонильной группы (C=O) и альдегидной группы, C=C-растяжка, хинона или сопряженного кетона и органических сульфатов, OH - изгиб, который показал характеристики водопоглощения.



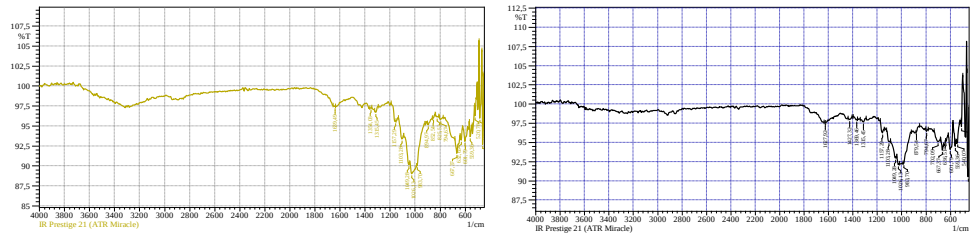
а) пижма б) зверобой в) кожура лука

Рис. 1. ИК-спектры текстильных материалов окрашеных различными красителями

ИК-спектры пижмы с алюминиево−калиевым красителем (рис. 2а) показывают различные характерные пики при 1639 $см^{-1}$ и 1354 $см^{-1}$, подтверждающие N-H-1 амины, N-O-симметричное растяжение, C-N-растяжение и C-O-кетоновые колебания фенольных групп. Пики при 1103 $см^{-1}$, 1049 $см^{-1}$, 983 $см^{-1}$, 894 $см^{-1}$, 892 $см^{-1}$ соответствуют функциональным группам нитросоединений, ароматических аминов, спиртов, карбоновых кислот, сложных эфиров, алкилгалогенидов C-H wag (-CH2X), =C-H–алкены, N–H и C-H 1,2-амины являются ароматическими. Полосы поглощения при 794

см$^{-1}$ и 632 см$^{-1}$ относятся к растяжению C−Cl, алкилгалогенидов -C≡C-H: изгиб C-H, растяжение C-Br, алкинов, алкилгалогенидов соответственно.

Основные пики для образцов, окрашенных экстрактом пижмы с добавлением сульфата меди (рис. 2б), изображены на пике 1627 см$^{-1}$ (N-H−1 амины), 1427 см$^{-1}$ C−C-растяжение (в кольце), ароматические соединения, 1369 см$^{-1}$, C-H-алканы. Полученные спектры показывают наличие C-C-хинона в ткани, который, улучшает антимикробную активность [11]. Растяжение 1103 см$^{-1}$ C-O представляет собой спирты, карбоновые кислоты, сложные эфиры. Структура флавоноидов меняется из-за изменения количества и положения гидроксильных групп, наличия или отсутствия C = O групп в C-кольце, положения B-кольца. Флавоноиды способны образовывать гликозиды, сложные эфиры и другие производные, которые различаются по своим химическим и фармакологическим свойствам [11-15].

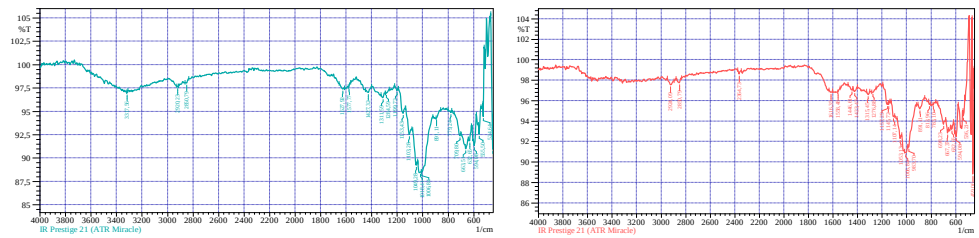


а) пижма + алюмокалиевые квасцы б) пижма + сульфат меди

Рис. 2. ИК-спектры текстильных материалов окрашеных на основе пижмы и модифицирующих добавок

Зверобой с алюминиево-калиевым комплексом (рис. 3а) демонстрирует новые пики при 2850 см$^{-1}$ (растяжение O-H, растяжение C-H указывает на карбоновые кислоты и алканы), при пике 1199 см$^{-1}$ (растяжение C-O, растяжение C-H (-CH_2X), растяжение C-N), при пике 1018 см$^{-1}$ (растяжение C-O) и последние пики при 891 см$^{-1}$,779 см$^{-1}$ (=C-H изгиб, N–H виляние, C-H и C-Cl растяжение, соответственно.

Спектр красителя зверобой с сульфатом меди (рис. 3б) представляет собой новый пик при 1616 см$^{-1}$, 1558 см$^{-1}$ (изгиб N-H), на пике 1145 см$^{-1}$, 1053 см$^{-1}$ изображен (растяжение C-O, растяжение C-N) на пике 1006 см$^{-1}$ (Растяжение C-O), пик при 983 см$^{-1}$ (=изгиб C–H) и пики при 891 см$^{-1}$, 813 см$^{-1}$, 698 см$^{-1}$ указывает (=изгиб C–H, N–H виляние, C–H, C–Cl растягивание, –C≡C–H: изгиб C–H, растяжение C-Br) соответственно.

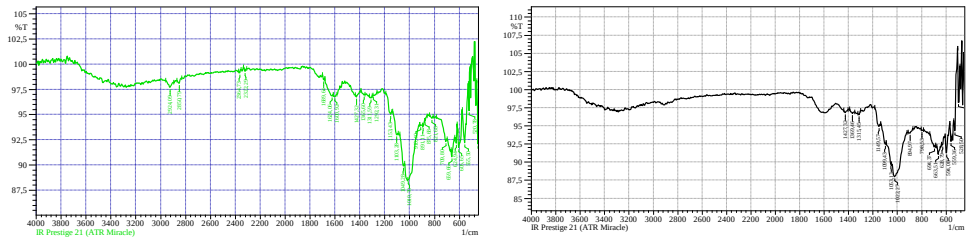


а) зверобой + алюмокалиевые квасцы б) зверобой + сульфат меди

Рис. 3. ИК-спектры текстильных материалов окрашеных на основе зверобоя и модифицирующих добавок

В спектре луковой шелухи с алюминиево-калиевым красителем (рис. 4а) представлены новые пики при 2924 $см^{-1}$, 2850 $см^{-1}$ (O-H растяжение, C-H растяжение) карбоновых кислот и алканов. Пик при 1689 $см^{-1}$ соответствует (C=O растяжению) α, β-ненасыщенным альдегидам, кетонам, пик при 1624 $см^{-1}$ (N-H изгиб) 1 аминам, пик при 1600 $см^{-1}$ относится к растяжению –C-C, хинону, пик при 1365 $см^{-1}$ означает наличие растяжения OH-группы в ткани. Пик при 1292 $см^{-1}$ (N-O симметричное растяжение, C-N растяжение, C-O растяжение, C-H (-CH2X)) представляет нитросоединения, ароматические амины, спирты, карбоновые кислоты, сложные эфиры, алкилгалогениды), пик при 1010 $см^{-1}$ показывает наличие (растяжение C-O), пик при 910 $см^{-1}$ (=изгиб C–H, изгиб N–H, изгиб O–H, который показал характеристики водопоглощения), пик при 875 $см^{-1}$ (=изгиб C–H, изгиб N–H, изгиб C–H), 821 $см^{-1}$ (растяжение C–Cl), 624 $см^{-1}$ (растяжение C–Cl, –C≡C–H: изгиб C–H, растяжение C-Br) соответственно.

Спектр луковой шелухи с красителем сульфат меди (рис. 4б) представляет новые пики при 1099 $см^{-1}$, 1022 $см^{-1}$ (растяжение C-O, растяжение C-N) представляют спирты, карбоновые кислоты, сложные эфиры, алифатические амины, пик при 798 $см^{-1}$ (=изгиб C–H, N–H, C–H, C–Cl растяжение) алкены, 1,2 амины, ароматические соединения, алкилгалогениды, 627 $см^{-1}$ и 594 $см^{-1}$ (C–Cl растяжение, –C≡C–H: C–H изгиб, C–Br растяжение).



а) кожура лука + алюмокалиевые квасцы

б) кожура лука + сульфат меди

Рис. 4. ИК-спектры текстильных материалов окрашеных на основе кожуры лука и модифицирующих добавок

Заключение. В работе ИК-спектроскопическим методом проведен анализ тканей после окрашивания натуральными красителями. Учитывая то, что текстильная промышленность является вторым по величине загрязнителем после нефтяной промышленности, необходимо провести дальнейшие исследования по выделению активных соединений с натуральными красителями, получаемыми из сельскохозяйственных отходов и полевых цветов.

Анализы ИК спектров образцов текстильных материалов показали, что полосы поглощения изменяются из-за воздействия различных видов растительных красителей. Например, в красителе на основе пижмы исчезают пики 3340 $см^{-1}$, 3282 $см^{-1}$, 2912 $см^{-1}$ и появляются новые полосы поглощения в пиках при 1465 $см^{-1}$, 1427 $см^{-1}$, 1357 $см^{-1}$, 1334 $см^{-1}$, 1315 $см^{-1}$, 1157 $см^{-1}$. В спектре экстрактов зверобоя появляется пик при 3325 $см^{-1}$.

В тканях, окрашенных экстрактом пижмы с добавлением сульфата меди выявлено наличие C-C-хинона в ткани, который, улучшает антимикробную активность. В спектрах красителей с добавлением модифицирующих добавок в виде алюмокалиевых квасцов и сульфата меди появляются новые пики

поглошения. Например, в спектрах красителя на основе зверобоя с сульфатом меди появляются новые пики поглощения при 1616 см$^{-1}$, 1558 см$^{-1}$, а в спектрах луковой шелухи с алюминиево-калиевым красителем пики при 2924 см$^{-1}$, 2850 см$^{-1}$. Также в спектрах луковой шелухи с сульфатом меди представлены новые пики при 1099 см$^{-1}$, 1022 см$^{-1}$.

В результате анализа образцов текстильных материалов окрашенных на основе растительных красителей было установлено, что в их составе имеются соединения, которые имеют хорошие противомикробные и противогрибковые свойства. Использование натуральных красителей улучшит гигиенические свойства изделий и повысит экологичность процесса отделки текстильных материалов.

Список литературы

1. Fernández-Agulló A., Pereira E., Freire M.S., Valentão P., Andrade P.B., González Álvarez J., Pereira J.A. Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (Juglans regia L.) green husk extracts // Industrial Crops and Products. 2013. Vol. 42. P. 126-132. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.021.
2. Ghaheh F.S., Nateri A.S., Mortazavi S.M., Abedi D., Mokhtari, J. The effect of mordant salts on antibacterial activity of wool fabric dyed with pomegranate and walnut shell extracts // Coloration Technology. 2012. Vol. 128, No. 6. P. 473-478. https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2012.00402.
3. Bağcı E., Kürşat M., Koçak A., Gür S. Composition and antimicrobial activity of the essential oils of tanacetum balsamita L. subsp.balsamita and T. chiliophyllum (Fisch. et Mey.) Schultz Bip. var.chiliophyllum (Asteraceae) from Turkey // Journal of Essential Oil-bearing Plants. 2008. Vol. 11, No. 5. P. 476-484. https://doi.org/10.1080/0972060x.2008.10643656.
4. Cao J., Xia X., Dai X., Xiao J., Wang Q., Andrae Marobela K., Okatch H. Flavonoids profiles, antioxidant, acetylcholinesterase inhibition activities of extract from Dryoathyrium boryanum (Willd.) // Ching. Food and Chemical Toxicology. 2013. Vol. 55. P. 121-128. https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.051.
5. Kurkin V.A., Sazonova O.V., Kurkina A.V., Ryazanova T.K., Khusainova A.I. Komponentnyy sostav efirnogo masla pizhmy obyknovennoy, proizrastayushchey v samarskoy oblasti [The component composition of the essential oil of tansy, which grows in the Samara region] // Nauka i innovatsii v meditsine [Science and innovation in medicine], 2016. Vol. 1, No 4. P. 58-62. https://doi.org/10.35693/2500-1388-2016-0-4-58-62, [in Russian].
6. Kumar B., Smita K., Angulo Y. B., Cumbal L. Green synthesis of silver nanoparticles using natural dyes of cochineal // Journal of Cluster Science. 2016. Vol. 27, No. 2. P. 703-713. https://doi.org/10.1007/s10876-016-0973-3.
7. Tarasevich B.N. IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soyedineniy [IR spectra of the main classes of organic compounds]: reference book. ¬ M., 2012, [in Russian].
8. Sabyrkhanova S.Sh., Bitlisli O.B., Yeldiyar G.K. Dyeing the cotton with extract of onion peels, walnut shell and (Tanacetum) tansy // Izv Vysshikh Uchebnykh Zaved Seriya Teknol Tekst Promyshlennosti. 2022. Vol. 1, No. 397. P. 212-217.
9. Vankar P.S. Chemistry of natural dyes // Resonance. 2000. Vol. 5, No. 10. P. 73-80.
10. Zubairu A., Mshelia Y.M. Effects of selected mordants on the application of natural dye from onion skin (Allium cepa) // Science and Technology. 2015. Vol. 5. No. 2. P. 26-32.
11. Kanchana R., Fernandes A., Bhat B., Budkule S., Dessai S., Mohan R. Dyeing of textiles with natural dyes-an eco-friendly approach // International Journal of ChemTech Research. 2013. Vol. 5, No. 5. P. 2102-2109.
12. Gulrajani M.L. (ed.). Natural dyes and their application to textiles. Department of Textile Technology, Indian Institute of Technology, 1992.

13. Miaw C.S.W., Assis C., Silva A.R.C.S., Cunha M.L., Sena M.M., de Souza S.V.C. Determination of main fruits in adulterated nectars by ATR-FTIR spectroscopy combined with multivariate calibration and variable selection methods // Food Chemistry. 2018. T. 254. P. 272-280.
14. Rohman A., Windarsih A., Hossain M.A.M., Johan M.R., Ali M.E., Fadzilah N.A. Application of near-and mid-infrared spectroscopy combined with chemometrics for discrimination and authentication of herbal products: A review // Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 137-147.
15. Moros J., Garrigues S., de la Guardia M. Vibrational spectroscopy provides a green tool for multi-component analysis // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2010. Vol. 29, No. 7. P. 578-591.

Материал поступил в редакцию 27.03.24

С.Ш. Сабырханова[1], Б. Абзалбекұлы[2], Г.К. Елдияр[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ҚАСИЕТТЕРІ ЖАҚСАРТЫЛҒАН ТАБИҒИ БОЯҒЫШТАР ҚОЛДАНЫЛҒАН ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Ғылыми зерттеу жұмыста аяқ киім материалдарының физико-химиялық қасиеттерін жақсарту мақсатында бейтарап тұздармен бірге табиғи бояғыштармен әрленген маталардың ИК-спектроскопия нәтижелері және микроорганизмдерге қарсы тұратын қасиеттерге ие болатын табиғи бояғыш сығындыларынан алынған бояудың функционалды топтарына салыстырмалы сараптама жасалды.

Қазіргі уақытта тоқыма материалдары үшін табиғи бояғыштарды зерттеу мен бояғыш өнім алу өзекті мәселенің бірі болып табылады. Бұл мақалада әртүрлі табиғат көзінен алынатын бояуларды тоқыма өнеркәсібінде пайдалану арқылы микроорганизмдерге қарсы тұра алатын қасиет беру, сонымен қатар боялған тоқыма материалдардың ИК спектрлерінің нәтижелері талқыланды. Табиғи бояғыштарды пайдалану тоқыма өндірісіндегі әрлеу үдерісіндегі экологиялық тиімділігін арттырып, тоқыма материалдардың гигиеналық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Дайындалған әр түрлі бояғыштармен және қасиеттерін жақсартқыш қоспалармен боялған тоқыма материалдарын ИК-спектрлік зерттеулері жасалды. Бояғыштардың химиялық қасиеттері мен боялу сапасын жақсарту үшін әртүрлі түрлендіргіш компоненттер пайдаланылды.

Тірек сөздер: тоқыма мата, табиғи бояғыштар, функционалды топтар, ИК-спектроскопия.

S.Sh. Sabyrkhanova[1], B. Abzalbekuly[2], G.K. Yeldiyar[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF TEXTILE MATERIALS USING VARIOUS TYPES OF MODIFIED NATURAL DYES

Abstract. The study presents the results of research work on IR spectroscopy of dyed fabrics with natural dyes and with the addition of mordants to improve the physico-chemical properties of shoe material, and also describes a comparative analysis of the

functional groups of the extract of natural dyes from onion peel, hypericum and tansy for dyeing textile materials that have the ability to resist microorganisms.

At the present stage, it is relevant to obtain and study natural dyes for textile materials. This article highlights various natural sources and the possibilities of using these substances in textiles to impart antimicrobial properties, and also discusses the results of IR spectroscopy of the dyed materials. The use of natural dyes will improve the hygienic properties of products and increase the environmental friendliness of the finishing process. IR spectroscopic studies of textile materials using the developed dyes were carried out in the work. To improve the quality of dyeing and chemical properties of dyes, various modifying components were added to the dyes.

Keywords: textiles, natural dyes, functional groups, IR spectroscopy.

МРНТИ 64.29.23

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 региональный университет имени 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/CSPE3798

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРЯМОГО ДУБЛЕНИЯ МЕХОВЫХ ОВЧИН

Аннотация. Обзор литературных данных показывает, что и по сей день среди исследователей нет единого мнения, объясняющего феномен двухванного способа хромового дубления. Меха двухванного дубления при трудно представляемо высоких прочностных свойствах по сравнению с мехом, дубленным однованным способом, обладают очень высокими упругопластическими свойства. Также нет и убедительных доводов по практическому отказу от этого способа. Доводы о громоздкости и большом расходе химических материалов, по крайней мере в сегодняшнем понятии об эффективности производства не вполне убедительны, т.к. описываемое качество и потребительские свойства меха данного вида дубления могут оправдать и большие затраты. Более веским аргументом отказа от способа дубления типа двухванного, является низкая термостойкость меха, которая делает его непригодным для использования, где для изготовления изделий из него применяются высокие температурные режимы. Поэтому данная работа изучает возможность повышения термической устойчивости мехового полуфабриката. В ходе эксперимента получен меховой полуфабрикат с заданной термостойкостью.

Ключевые слова: двухванное дубление, меховой полуфабрикат, термостойкость, овчина, бисульфит аммония, температура сваривания.

Рахметбай, Д.К. Разработка способа прямого дубления меховых овчин [Текст] / Д.К. Рахметбай, М.Ш. Джунисбеков, М.Ш. Шардарбек, Т.Ж. Кодиров // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.308-312. https://doi.org/10.55956/CSPE3798

Введение. Кожа и мех составляют одну из важнейших групп материалов для удовлетворения различных потребностей человека [1]. Меховая отрасль становится важным звеном, оказывающим сильное влияние на развитие экономик многих стран мира. Европейский Союз является основным экспортером шкурок во всем мире, на его долю приходится 64% от общего объема производства, при этом основными производителями являются Дания, Нидерланды, Финляндия и Греция. Другими крупными производителями меха

являются Соединенные Штаты Америки и Китай, при этом Китай является основным экспортером меховых изделий и одежды [2]. Что касается Казахстана, то, несмотря на большой потенциал меховой отрасли, обеспеченный новым оборудованием, огромной сырьевой базой, а также сложившимися рынками сбыта, отрасль имеет существенные проблемы. Единственный способ решить существующие проблемы в условиях жесткой конкуренции – это инновации в отрасли. Наиболее перспективным методом является улучшение хромового дубления. Дубление включает в себя ряд физических, химических и биологических операций, которые расширяют возможности применения шкур и приносят экономическую выгоду обществу [3]. В настоящее время наиболее часто используемым дубителем является хромовый дубитель [4].

Обобщение литературных данных, касающихся исследуемой в данной работе области производства меха, показало наличие возможностей варьирования в широких пределах свойствами, как хромового дубителя, так и свойствами мехового полуфабриката и соответственно свойствами продукции их взаимодействия.

Однако, уровень качественных показателей меха на сегодняшний день позволяет полагать, что лучшие сочетания лучших свойств ни первого, ни второго еще не исчерпаны ни теоретически, ни практически. Так, высокие качественные показатели меха двухванного хромового способа дубления и технологичность однованного способа ни в одном из множеств их модификаций не совместились.

Способность хромового дубителя повышать свою устойчивость к подщелачиванию и способность коллагеновых волокон изменять выборочно степень диссоциации своих функциональных групп вплоть до полного подавления в присутствии некоторых солей, особое воздействие дихромовой кислоты на волокна дермы названное «таянием льда», отсутствие противоречивых задач однованного способа в двухванном способе дубления и т.д. Дополняя недостающие или ненайденные экспериментальные данные, результатами данной работы и умозрительно теоретические предпосылки, на этом этапе изучали возможность прямого дубления меховых овчин. Под термином прямое дубление подразумевается смысл – дубление без предварительного отдельного проведения процессов мягчения и пикелевания.

Условия и методы исследования. Эксперимент проводили по следующей методике: промывка при ж.к. 5,0; температура заливаемой воды 27 ^{o}C; в течение 1 часа на проточной воде. По окончании промывки в барабан, где промывалось 40 кг овчины, являющейся сопоставимой партией контрольного варианта, тщательно отобранных по величине удельной массы. Коэффициент удельной массы определяли по формуле:

$$М_{уд}=М_{ов}/П_{ов} \quad (1)$$

где: $М_{ов}$ – масса овчин; $П_{ов}$ – площадь овчин.

Затем, набрали воду с начальной температурой 27 ^{o}C и дали сульфат аммония 7 %. После 10-минутного вращения дали серной кислоты 1,2 % (считая на 100 %-ную) и бихромат натрия 1,5 % (в пересчете на Cr_2O_3) от веса полуфабриката, как и все остальные химические материалы. Затем, по истечении 90 минут от начала процесса, проверили прокрас на 5 овчинах в стандартных точках. Убедившись в полном прокрасе, дали восстановитель

(бисульфит аммония) из расчета 3 % от веса полуфабриката (считая на 100 %-ный продукт). В восстановительной ванне обрабатывали в течение 90 минут. По истечению указанного времени, предварительно проверив на 5 образцах полноту прокраса по отсутствию оранжевой окраски в толстых участках, вырезанные образцы проверили на «кип» по общепринятой методике. Все образцы выдержали пробу на «кип». Все последующие процессы и операции до получения готовых полуфабрикатов проводили по типовой методике производства меха хромового дубления. При выработке меха параллельной, контрольной партии все процессы проводили по вышеуказанной методике. Готовые меховые полуфабрикаты, как опытных вариантов, так и контрольного варианта подвергали физико-химическому анализу по ВЕМ.

Результаты исследований и обсуждение научных результатов. Полученные данные приводятся в объединенной таблице 1.

Таблица 1

Показатели химического состава и физико-механических испытаний мехового полуфабриката

Показатели	Овчина (опытная) прямого дубления		Овчина (контрольная) по типовой методике	
	Готовый мех	Полуфабрикат	Готовый мех	Полуфабрикат
Содержание, %:				
- влаги;	14,6	15,3	14,8	15,2
- жира;	8,2	-	7,8	-
- окиси хрома.	3,4	3,5	3,9	3,8
Прочность при разрыве, МПа:				
- по партии;	28	24	19	16
- по меху.	26	23	15	12
Удлинение при нагрузке, 10 МПа	27	25	23	21
Прочность лицевого слоя, МПа:				
- по партии;	24	20	16	13
- по меху.	23	18	14	10
Относительная жесткость, гс/мм:				
1) продольная:				
- по партии;	210	251	282	357
- по меху;	203	242	269	348
2) поперечная:				
- по партии;	119	144	157	201
- по меху.	110	132	146	190

Как видно из таблицы, физико-механические свойства контрольных мехов соответствуют требованиям ГОСТ, а прочностные свойства опытного меха до 50 % превышают аналогичные показатели контрольных вариантов. Сравнительная с контрольной, органолептическая оценка специалистов показала, что опытные меха имеют более нежное и пришитое лицо, несколько мягче контрольных и «пластично упруги» гриф не ярко выражен. Старинный метод проверки «на ключ» показал высокую прочность лицевого слоя. Осмотр

всей опытной партии показал отсутствие пороков, как стяжка лица, садка лица, отсутствие солевых и жировых пятен.

Заключение. На повышение температуры сваривания меха влияют увеличение расхода хрома и сульфата аммония и заметное влияние оказывает их парное взаимодействие. Причем вклад сульфата аммония даже больше чем вклад хрома. Но это, на первый взгляд, аномальное явление в дублении можно понять лишь учитывая, что данный способ дубления относится к двухванному. На достаточно высокий показатель равномерности распределения хрома по слоям меха, разработанного способа дубления по сравнению с типовыми методиками указывает и натуральная величина данного показателя. Поэтому при необходимости повышения этого показателя надо восстановитель дозировать не только до полного восстановления хрома, а взять некоторый избыток. Необходимая же величина этого избытка должна быть дополнительно исследована.

Таким образом, результат данной работы позволяет сделать заключение, что созданная модель процесса прямого дубления овчины позволяет получить меховой полуфабрикат с заданной термостойкостью, содержанием и распределением хрома и серы по всей толщине меха.

Список литературы

1. Loveras L., Nadal J., Triay V., Banks P., Falcó A., Miró C., Riera S. The first archaeological and taphonomic evidence for rabbit Fur production in medieval Barcelona (Spain) // Quaternary Science Advances, 2023. Vol. 12. P. 100117. https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100117.
2. Zarkadas I., Dontis G., Pilidis G., Sarigiannis D. A. Exploring the potential of fur farming wastes and byproducts as substrates to anaerobic digestion process // Renewable Energy, 2016. Vol. 96. P. 1063-1070. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.056.
3. Wang X., Su R., Hao D., Dang X. 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. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115534.
4. Chen J., Ma J., Fan Q., Zhang W., Guo R. 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. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.145453.

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 өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

ҚОЙ ТЕРІСІН ТІКЕЛЕЙ ИЛЕУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Әдебиеттерге шолу көрсеткендей, екі ванналы хромды илеу әдісінің құбылысын түсіндіретін зерттеушілер арасында бүгінгі күнге дейін консенсус жоқ. Екі ванналы иленген үлбірдің бір ванна әдісімен иленген үлбірмен салыстырғанда жоғары беріктік қасиеттері бар, сонымен қатар серпімді-пластикалық қасиеттері де өте жоғары. Сондай-ақ бұл әдістен іс жүзінде бас тарту үшін сенімді дәлелдер жоқ. Химиялық материалдардың көлемділігі мен жоғары тұтынуы туралы дәлелдер, кем

дегенде, бүгінгі өндіріс тиімділігі тұжырымдамасында, толығымен сенімді емес, өйткені илеудің осы түрінің ең терісінің сипатталған сапасы мен тұтынушылық қасиеттері жоғары шығындарды негіздей алады. Екі ваннаға арналған тотығу әдісін қабылдамау үшін анағұрлым сенімді дәлел - терінің төмен ыстыққа төзімділігі, ол одан өнімдер жасау үшін жоғары температура жағдайлары қолданылатын жерлерде қолдануға жарамсыз етеді. Сондықтан бұл жұмыс жартылай фабрикаттардың термиялық тұрақтылығын арттыру мүмкіндігін зерттейді. Тәжірибе барысында ыстыққа төзімділігі белгіленген үлбірден жасалған жартылай фабрикат алынды.

Тірек сөздер: екі ванналы илеу, жартылай фабрикат, ыстыққа төзімділік, қой терісі, аммоний бисульфиті, дәнекерлеу температурасы

D.K. Rakhmetbay[1], M.Sh. Dzhunisbekov[1], M.Sh. Shardarbek[1], T.J. Kodirov[2]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
[2]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DIRECT TANNING OF FUR SHEEPSKINS

Abstract. A review of the literature shows that to this day there is no consensus among researchers explaining the phenomenon of the two-bath chrome tanning method. Very high elastic-plastic properties of two-bath tanned fur with hard to imagine high strength properties compared to fur tanned using a single-bath method. There are also no convincing arguments for the practical abandonment of this method. Arguments about the bulkiness and high consumption of chemical materials, at least in today's concept of production efficiency, are not entirely convincing, because the described quality and consumer properties of fur of this type of tanning can justify high costs. A more compelling argument for rejecting the two-bath tanning method is the low heat resistance of fur, which makes it unsuitable for use where high temperature conditions are used to make products from it. Therefore, this work examines the possibility of increasing the thermal stability of semi-finished fur products. During the experiment, a semi-finished fur product with a specified heat resistance was obtained.

Keywords: two-bath tanning, semi-finished fur product, heat resistance, sheepskin, ammonium bisulfite, welding temperature.

МРНТИ 64.29.23

Н.Е. Ботабаев[1] – *основной автор*, **А.К. Бектурсунова[2], А.К. Абсаллимова[3], Р. Ердем[4], М.Қ. Өміртай[5]**

[1,2,4]PhD, [3]Докторант, [5]Магистрант

ORCİD

[1]https://orcid.org/0000-0001-8999-7801 [2]https://orcid.org/0000-0001-5514-5870
[3]https://orcid.org/0009-0000-0271-5040 [4]https://orcid.org/0000-0003-2810-8294
[5]https://orcid.org/0009-0002-1108-1304

[1,2,3,5]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан
[4]Университет Акдениз, г. Анталия, Турция

@ *[1]botabaev75@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LFUJ2602

ИЗМЕНЕНИЕ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЯ ПРИ ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. В настоящем обзоре представлены влияние наночастиц металлов в процессе окрашивания текстильных волокон традиционными красителями на изменение цвета, устойчивость окраски и биоцидные потенциалы. Также приведены последние достижения в использовании наночастиц металлов в качестве новых классов красителей и антимикробных агентов, и их влияние на калориметрические и антибактериальные характеристики различных текстильных материалов. Предложены новые подходы к функционализации текстильных материалов методами зеленого синтеза НЧ различных металлов с помощью растительных экстрактов. Использование растительных экстрактов для изготовления металлических наночастиц является простым, удобным, недорогим, легко масштабируемым, менее энергоемким, экологически чистым, сводит к минимуму использование небезопасных материалов и максимально повышает эффективность процесса. Обработка НЧ-Ag усиливает цветопередачу материалов, а также улучшает устойчивость к свету и стирке, что предполагает, что эти методы могут преодолеть ограничения традиционных процессов окрашивания.

Ключевые слова: наночастицы металлов, наночастицы серебра, текстильный материал, калориметрическая характеристика, устойчивость окраски, антибактериальное свойство, фунгицидное свойство.

Ботабаев, Н.Е. Изменение калориметрических характеристик текстиля при антибактериальной обработке их наночастицами металлов [Текст] / Н.Е. Ботабаев, А.К. Бектурсунова, А.К. Абсаллимова, Р. Ердем, М.Қ. Өміртай // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.313-326. https://doi.org/10.55956/LFUJ2602

Введение. За последние несколько лет антимикробный текстиль приобрел значительный интерес для использования в различных областях применения. Наночастицы металлов, благодаря своим уникальным свойствам особенно привлекательны для производства текстильных материалов с

новыми свойствами, такими как защита от ультрафиолета, цветостойкость, влагостойкость, самоочищение и антимикробная активность. Настоящий обзор призван описать последние достижения в использовании наночастиц металлов в качестве новых красителей и антимикробных агентов, и их влияние на калориметрические характеристики различных текстильных материалов. Также показаны влияние наночастиц металлов в процессе окрашивания текстильных волокон классическими красителями на изменение цвета, устойчивость окраски и биоцидные потенциалы. Наконец, он также подчеркивает текущие проблемы и предоставляет возможности для будущих исследований [1-5].

Ранее авторами получены определенные экспериментальные доказательства рабочей гипотезы, заключающейся в том, что на окрашенном материале в ходе наномодифицирования закрепляется больше наночастиц серебра (далее – НЧ-Ag), чем на неокрашенном, при этом немаловажную роль играет факт наличия в молекуле красителя эффективных хелатирующих групп. В частности, было показано, что аминосодержащие производные фенантрена и диазапирена, а также полученные на их основе азокрасители, имеющие в структуре молекулы хелатирующие функциональные группы, эффективно взаимодействуют с ионами металлов, образуя комплексные соединения определенного состава. Следует отметить, что использованные в их работах гетероциклические амины и их производные представляют собой интересные по химической структуре объекты, но являются все же довольно «экзотическими» соединениями с точки зрения перспектив их практического применения [6].

Основная часть. В этом исследовании обсуждается взаимосвязь между загрузкой хлопчатобумажной ткани коллоидными НЧ-Ag и окрашиванием прямыми красителями – C.I. (прямой желтый 86; прямой красный 79 и прямой синий 78). Изучено влияние порядка загрузки НЧ-Ag и окрашивания хлопчатобумажных тканей, а также концентрации нанесенного красителя на их антибактериальную активность и изменение цвета. Антибактериальная активность была протестирована в отношении грамотрицательной бактерии Escherichia coli (далее – E.coli) и грамположительной бактерии Staphylococcus aureus (далее – S.aureus). Окрашенные хлопчатобумажные ткани, наполненные НЧ-Ag, проявляли превосходные антибактериальные свойства независимо от концентрации красителя и порядка окрашивания и загрузки НЧ-Ag. Изменение цвета хлопчатобумажных тканей из-за присутствия НЧ-Ag сильно зависит от порядка операций, применяемого красителя и концентрации красителя. Стабильность этих нанокомпозитных текстильных материалов была испытана в кислотном и щелочном искусственном поту. Выделение серебра происходило независимо от значения pH пота [7].

Результаты, полученные в ходе исследовательской работы, направлены на создание усовершенствованного способа и технологии производства текстильных материалов с наночастицами ионов серебра. Приведена подробная характеристика приготовления гидрозоля серебра и его отдельных свойств для применения в виде рабочего раствора. Кроме того, рассмотрены стадии изучения ионов и наночастиц серебра с модельными красителями и текстильными материалами, которые были окрашены при их применений. Общие сведения по созданию норм технологических режимов обработки наномодифицирующим раствором текстильных материалов и примеры испытаний вновь созданных технологий в опытном объеме являются результатами проведенных исследований [8].

Простой зеленый способ был использован для производства изношенной джинсовой одежды с антибактериальными свойствами. Наночастицы серебра были успешно синтезированы на джинсовых тканях путем восстановления нитрата серебра с использованием целлюлозных цепочек из хлопка, крахмала и/или глюкозы в щелочной среде. Глюкоза обладала способностью уменьшать цвет красителя индиго и приводила к лучшему контролю размера и стабильности частиц. Обработанные джинсовые ткани характеризовали сканирующей электронной микроскопией (далее – СЭМ), ультрафиолетовой спектрофотометрией (далее – УФС) и колориметрическими измерениями. Результаты показали успешный синтез наночастиц серебра со средним размером частиц 30–40 нм на окрашенной индиго целлюлозной ткани вместе со снижением цвета джинсовой ткани. Ткани проявляли антибактериальную активность в отношении E.coli и S.aureus [9,10].

Целью данного исследования было изучение окрашивания шерстяной ткани с помощью кислотного красителя (CI Acid Blue 92) в присутствии частиц нано серебра, с получением окрашенной антибактериальной ткани шерсти за один этап. Отмечено, что окрашивание в присутствии НЧ-Ag хорошо подходило для изотермы Фрейндлиха с высоким коэффициентом корреляции (R^2), лучше, чем изотерма Ленгмюра. Присутствие НЧ-Ag показали высокую адсорбцию красителя и улучшенную стойкость к стирке [11].

Настоящее исследование охватывает оценку цветовой прочности и цветовых показателей хлопчатобумажных тканей, окрашенных активным красителем коралловый синий (Coralite blue FL-R) и обработанных НЧ-Ag с использованием спектрофотометра. Наночастицы серебра наносятся на хлопчатобумажные ткани вместе с реакционноспособным красителем коралловый синий разработанным способом крашения. Оценка окрашенных тканей и их исследование показали присутствие наночастиц серебра, сильно внедренных в подложку. Однако НЧ-Ag в сочетании с химически активными красителями улучшают общую прочность ткани. Значения силы цвета (K/S) тканей, обработанных НЧ-Ag, сравнивали с необработанным образцом, показывающим изменение отражающих значений и значений K/S. В заключение, цветовой анализ хлопчатобумажных тканей, окрашенных коралловым синим и обработанных наночастицами серебра, показывает разницу в значениях их цвета при изменении концентрации наночастиц серебра. Оценка значений стойкости окраски, биодеградационных свойств соответствует характеристикам обычных хлопчатобумажных тканей, окрашенных реакционноспособными красителями. Исследование также дает возможность изучить и проанализировать кинетику высвобождения наночастиц серебра для дальнейшего усиления рецептуры крашения [12].

Текущий подход фокусируется на изучении влияния включения НЧ-Ag на процесс окрашивания вискозных волокон синим активным красителем. Наносеребро сразу вводили в вискозные волокна, используя цитрат натрия в качестве наногенератора. Благодаря включению НЧ-Ag цвет волокон стал зеленовато-голубым, а более темный зеленоватый цвет наблюдался при низком содержании Ag (<1 г/кг). Независимо от последовательности процессов цветовая прочность волокон увеличивалась при увеличении содержания Ag. Постоянство цвета волокон не зависело от включения НЧ-Ag, независимо от последовательности процессов и содержания Ag. Свойство выделения Ag из волокон в воду в значительной степени зависело от последовательности процессов. При включении НЧ-Ag, во-первых, была оценена самая низкая величина выделения Ag (0,25 г/кг через 24 часа).

Противомикробная активность была значительно улучшена путем включения НЧ-Ag. Сокращение количества бактерий и грибков достигло 92,4% и 67,9% после 24 ч времени контакта соответственно [13].

Путем восстановления $AgNO_3$ с использованием нетоксичного восстановителя и поливинилового спирта были получены наночастицы серебра. Было обнаружено, что распределение НЧ-Ag по размерам находится в диапазоне от 20 до 50 нм со сферической морфологией при наблюдении с помощью просвечивающей электронной микроскопии (далее – ПЭМ). Охарактеризованные НЧ-Ag смешивали с активным красителем, а именно с красно-коричневым ME RL, и ими окрашивали хлопчатобумажные ткани. Концентрация НЧ-Ag в реакционноспособных красителях варьировалась в мольных процентах 3, 5, 7 и 10 соответственно. Результаты исследования модифицированных тканей свидетельствуют о наличии НЧ-Ag. Показано, что НЧ-Ag нанесенные на окрашенные хлопчатобумажные ткани, более сильно связаны к поверхности и являются долговечными. Результаты подтверждают наличие покрытия после многократных стирок. Модифицированные хлопчатобумажные ткани имеют хорошую антимикробную активность в отношении грамположительных (S.aureus и Bacillus subtilis (далее – B.subtilis)) и грамотрицательных бактерии (E.coli и K.pneumoniae) [14].

Показан способ окрашивания шелковых тканей совместным применением наночастиц благородных металлов и традиционных красителей. Наночастицы золота и серебра были синтезированы на месте на шелковых тканях, и сложная окраска была реализована путем интеграции традиционных красителей и наночастиц металлов. Локализованный поверхностный плазменный резонанс (далее – ЛППР) наночастиц золота и серебра не были затронуты обработкой окрашенных шелковых тканей. Объединенные оптические свойства наночастиц и красителей расширили цветовую гамму и усилили цветовую прочность (K/S) шелковых тканей. Ультрафиолетовая видимая спектрофотометрия (далее – УФВС) и СЭМ продемонстрировали синтез in situ наночастиц золота и серебра на шелковых тканях. Окраска традиционных красителей незначительно повлияла на морфологию наночастиц золота и серебра на поверхности волокон. Шелковые ткани со сложной окраской показали значительные антибактериальные свойства. Сложная окраска, основанная на определенных наночастицах и красителях, обеспечивает многообещающую стратегию развития многофункционального текстиля [15].

Метод окрашивания in situ использовался для окрашивания и получения превосходных антибактериальных свойств для вискозных волокон НЧ-Ag. НЧ-Ag были приготовлены in situ и включены в матрицу вискозы напрямую, без использования каких-либо других восстанавливающих и стабилизирующих агентов. Основной целью данного исследования являлось успешное использование восстанавливающих и стабилизирующих свойств целлюлозы для получения наносеребро-вискозных композитов. Окраска волокон после включения НЧ-Ag in situ связана с поверхностным плазменным резонансом серебра. Колориметрические данные были записаны как функция стирки для характеристики конечных окрашенных волокон. Свойства быстроты и высвобождения серебра были измерены для изучения свойств стирки и износа. В зависимости от концентрации серебра были получены волокна желтоватого цвета с различными оттенками. Хорошие свойства устойчивости были получены после 20 стирок без использования сшивающего агента или связующего. Окрашенные волокна обладали превосходной

антибактериальной активностью в отношении кишечной палочки даже после 20 стирок [16].

Наночастицы серебра с различными размерами частиц и, следовательно, цветов были синтезированы на шелковых и хлопчатобумажных тканях путем восстановления нитрата серебра. Размеры частиц коллоидов серебра измеряли методом динамического рассеяния света (далее – ДЛС). Различные характеристики обработанных тканей, включая антибактериальные свойства в отношении грамположительных (S.aureus) и грамотрицательных (E.coli), цветовой эффект, устойчивость к стирке и свету также были оценены. Результаты показали, что обработанные ткани демонстрировали разные цвета в присутствии наночастиц серебра с разными размерами частиц и демонстрировали хорошие и долговечные свойства прочности. Кроме того, размер частиц серебра оказывал ощутимое влияние на антибактериальную активность обработанных тканей, и его антибактериальные свойства улучшались за счет уменьшения размера частиц [17].

Чувствительность красителей к окружающей среде обуславливает меньшую прочность и стабильность цвета, что отражает важность долговременной отделочной обработки. По используемой технологии антимикробная/долговечная отделка вискозных волокон осуществляется путем прямого получения наночастиц серебра внутри макромолекул волокон без применения внешних агентов. С применением восстановительных свойств целлюлозы в вискозе, ионы серебра (Au^{+3}) восстанавливают до наночастиц серебра и CHO/OH группы целлюлозы, после этого окисляют до COOH. Для сравнения были применены два разных носителя: щелочной и водный. Расширение процесса восстановления и большего включения наночастиц серебра обусловлено ростом реакционной способности и доступности макромолекул целлюлозы в щелочи. При использовании щелочной и водной среды в диапазоне 14–100 нм и 22–112 нм соответственно, был отмечен размер наночастиц серебра внутри волокна [18].

Для выпуска многофункциональной хлопчатобумажной ткани с одновременным окрашиванием и нанесением наночастиц серебра на целлюлозное волокно был создан новый зеленый способ. В процессе приготовления НЧ-Ag одновременно синтезировали и осаждали на ткани посредством синтеза in situ с использованием нитрата серебра и водного экстракта черного риса без других химических веществ. В этой работе экстракт черного риса был введен в качестве естественного источника восстановителя и красителя. Ультрафиолетовые видимые спектры и СЭМ (полное название) свидетельствуют о том, что наночастицы серебра были благополучно получены и равномерно распределены по поверхности целлюлозного волокна. Более того, результаты показали, что значение pH ванны синтеза сильно влияло на видимый цвет и силу цвета обработанных образцов. Когда значение pH в ванне для синтеза составляло 10, лучшее значение K/S, устойчивость к стирке, и УФ-защитные свойства проявлялись по сравнению с другими значениями pH. Вместе с тем, хлопчатобумажная ткань, прошедшая обработку, представляет очень отличные антибактериальные свойства относительно E.coli и S.aureus после 25 циклов стирки в домашних условиях. Уровень антибактериальной обработки обработанных образцов все еще превышал 80% для E.coli и S.aureus после 25 циклов стрики в домашних условиях. Это исследование представляет собой экологически чистый метод приготовления антибактериальной хлопчатобумажной ткани с хорошей устойчивостью к стирке [19].

Функциональные хлопчатобумажные ткани были приготовлены с использованием оксида титана в качестве фотокатализатора и наночастиц серебра в качестве нового класса красителей, способного модифицировать наночастицы оксида титана (далее - НЧ-TiO_2). Коллоиды НЧ-Ag разных цветов в основном синтезировались путем восстановления нитрата серебра, а затем окрашивания хлопчатобумажных тканей и синтеза Ag/TiO_2. Нанокомпозит на поверхности ткани выполняли путем добавления НЧ-TiO_2 в ультразвуковую ванну. Обработанные хлопчатобумажные ткани были охарактеризованы с помощью эмиссионного СЭМ, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (далее – ЭДРС), рентгеноструктурного анализа (далее – РСА) и УФ-видимой отражательной спектроскопии. Цветовой эффект, и другие характеристики образцов также были изучены. Результаты показали, что все свойства обработанной хлопчатобумажной ткани с нанокомпозитом Ag/TiO_2 были выше по сравнению с обработанным образцом с одним TiO_2. Кроме того, фотокаталитическая активность диоксида титана не оказывает отрицательного влияния на цвет ткани, и изменение цвета обработанной ткани после УФ-облучения было незначительным [20].

В этом исследовании описывается гидротермальный синтез наночастиц оксида меди (далее – НЧ-CuO) с использованием экстракта мяты. Смесь 0,1М нитрата меди и экстракта мяты гидротермически обрабатывали при температуре 180°C в течение двух часов. Между тем, экстракт листьев мяты восстанавливал ионы меди в наночастицы через пять минут, что приводило к темно-зеленым осадкам. Наночастицы показали простую кубическую структуру с диапазоном размеров кристаллитов 22-25 нм. Согласно спектру УФВС пик поглощения наблюдался при 346 нм. Антибактериальную активность проверяли в отношении кишечной палочки E-coli и культуры B-subtilis, с помощью которых было установлено, что зоны ингибирования составляют 35 мм и 38 мм соответственно. Делается вывод о том, что НЧ-CuO обладают хорошей способностью противостоять микробам [21].

Авторы показали возможность получения цветной полиэфирной ткани посредством соносинтеза in situ наночастиц меди с использованием сульфата меди, гидразина, гидроксида натрия и поливинилпирролидона. Центральная композитная конструкция, основанная на методологии поверхности отклика, была использована для изучения влияния сульфата меди, гидразингидрата и гидроксида натрия на прирост массы и цвет обработанных тканей. Согласно результатам, красновато-коричневые образцы, обработанные наночастицами меди, показали превосходную антибактериальную и противогрибковую эффективность, улучшенную прочность на разрыв и пониженную смачиваемость [22].

Впервые нанокомпозит серебра/оксида цинка был использован для изготовления цветных хлопчатобумажных тканей с многофункциональными свойствами. Были получены прочные цветные хлопчатобумажные ткани с самоочищающимися, эффективными антибактериальными и УФ-блокирующими свойствами. Посредством СЭМ и РСА и ЭДРС было установлено образование нанокомпозитов Ag/ZnO на хлопчатобумажной ткани. Комбинация наночастиц серебра с оксидом цинка в процессе отделки привела к использованию свойств НЧ-Ag или ZnO на хлопчатобумажных тканях. Кроме того, изменение цвета модифицированных образцов после 72-часового УФ-облучения было незначительным, что продемонстрировало превосходную стойкость цвета образцов к фотокаталитической активности наночастиц оксида цинка [23].

Анизотропные НЧ-Ag были успешно использованы для окрашивания шерстяных тканей и шелковых волокон. Модифицированные шерстяные ткани демонстрировали блестящие цвета благодаря свойствам ЛППР НЧ-Ag. Цвета шерстяных тканей изменились с морфологией НЧ-Ag. Результаты показали, что анизотропные НЧ-Ag были эффективно собраны на поверхности волокон шерсти, когда pH и температура раствора составляли примерно 4 и 40°C соответственно. Внедрение НЧ-Ag на шерстяных волокнах осуществлялась путем электростатического взаимодействия между шерстяными волокнами и НЧ-Ag. В отличие от обычного процесса окрашивания шелка, который является энергоемким, процесс окрашивания наночастицами серебра достигнут при комнатной температуре. Волокна шелка проявляли сильную адсорбционную способность для НЧ-Ag в процессе окрашивания. Модифицированные шелковые волокна проявляли разные яркие цвета, так как НЧ-Ag на поверхности волокон менялись. Кроме того, хорошая устойчивость окраски к стирке достигалась благодаря нанесению полидиметилсилоксана на поверхность шелка, обработанную НЧ-Ag. Шерстяные ткани и шелковые волокна, обработанные НЧ-Ag, показали высокую антибактериальную активность против бактерий E.coli. Это исследование открывает новый подход к окраске и функционализации традиционных текстильных материалов [24,25].

Кинетика крашение волокон шелка и шерсти НЧ-Ag исследовались с помощью УФВС при различных температурах. НЧ-Ag, выступающие в качестве новых красителей, придают волокнам синий цвет благодаря их ЛППР. Скорость окрашивания волокон с НЧ-Ag увеличивается с ростом температуры. По сравнению с шерстью, шелк показал более высокую скорость окрашивания НЧ-Ag. Модель псевдо-первого порядка описала подходящую начальную стадию процесса окрашивания шелка и шерсти на основе НЧ-Ag. Принимая во внимание, что весь процесс окрашивания, за исключением начального этапа, соответствовал модели псевдо-второго порядка соответственно. Традиционный краситель (кислотный синий 199) использовали для сравнения с НЧ-Ag. Модель псевдо второго порядка лучше соответствовала всему процессу окрашивания кислотным синим. Энергия активации НЧ-Ag для окрашивания шелка была самой низкой среди исследованных систем окрашивания, демонстрируя, что НЧ-Ag наиболее легко комбинируется с шелковыми волокнами [26].

Волокна рами желтого цвета были получены после in situ синтеза НЧ-Ag. Цвет волокон рами, обработанных НЧ-Ag, темнеет при увеличении концентрации ионов серебра. Принимая во внимание, что синтез in situ наночастиц золота придает волокну рами красный и фиолетовый цвета. С увеличением концентрации ионов золота цвет изменился с красного на фиолетовый. Чтобы исследовать оптические особенности обработанных волокон рами, измерены спектры поглощения ультрафиолетового и видимого света волокон рами с наночастицами. Спектр поглощения волокон, обработанных НЧ-Ag, имеет одну полосу с центром при 428 нм, что соответствует ЛППР наночастиц серебра. Волокна рами, обработанные наночастицы золота (далее – НЧ-Au), имели полосу поглощения УФ-видимого излучения около 533 нм, соответствующую ЛППР наночастиц золота. Оптическое свойство ЛППР приводило к яркому цвету волокон после обработки, что обеспечивало окрашивание рами без использования традиционных красителей. СЭМ-изображения обработанных волокон

дополнительно свидетельствуют о наличии наночастиц серебра и золота на волокнах рами при различных значениях pH [27].

Представлен простой метод печати и отделки полиэфирных и хлопчатобумажных тканей с использованием НЧ-Au и НЧ-Ag в качестве стабильных, быстрых красителей и функциональных компонентов. Полосы поверхностного плазменного резонанса (далее – ППР) коллоидных НЧ-Au и НЧ-Ag наблюдались при λ_{max} 520 нм и 450 нм соответственно, что указывает на наличие сферических НЧ-Au и НЧ-Ag, что было дополнительно подтверждено анализом ПЭМ. Как образцы из хлопка, так и полиэфира обладали превосходной стойкостью окраски. Функциональные свойства тканей с набивным рисунком указывали на то, что включение НЧ-Au и НЧ-Ag в ткани одновременно придавало многофункциональные свойства, такие как стабильные цвета, очень стойкая антимикробная активность и очень хорошие свойства защиты от УФ-излучения. Была разработана легкая и осуществимая стратегия производства красочных и многофункциональных печатных полиэфирных и хлопчатобумажных тканей с использованием синтезированных НЧ. Этот метод отличается новизной использования золотых и серебряных наночастиц в качестве экологически чистых стабильных красителей и функциональных компонентов в одностадийном процессе печати и функциональной отделки полиэфирных и хлопчатобумажных тканей [28].

Наночастицы серебра были синтезированы на хлопчатобумажной ткани, модифицированной поли (диаллилдиметиламмоний хлоридом) (ПДДА). Исследовано влияние концентрации ПДДА в растворе на цветовые характеристики, а также оценена стойкость окраски хлопковых тканей с серебряным покрытием, модифицированных ПДДА. Результаты исследований свидетельствуют о том, что хлопчатобумажные ткани, модифицированные ПДДА, покрыты плотным слоем наночастиц серебра. Интенсивность окраски модифицированной хлопчатобумажной ткани, увеличивается с ростом концентрации ПДДА в растворе для предварительной обработки. Включение ПДДА улучшает устойчивость к стирке хлопчатобумажных тканей с НЧ-Ag [29].

Метод окрашивания in situ использовался для окрашивания и получения превосходных антибактериальных свойств вискозных волокон наночастицами серебра. НЧ-Ag были приготовлены in situ методом и включены в матрицу вискозы напрямую, без использования каких-либо других восстанавливающих и стабилизирующих агентов. Основная цель этого исследования состояла в том, чтобы успешно использовать восстанавливающие и стабилизирующие свойства целлюлозы для получения наносеребро-вискозных композитов. Окраска волокон после включения НЧ-Ag in situ связана с ППР серебра. Колориметрические данные были записаны как функция стирки для характеристики конечных окрашенных волокон. В зависимости от концентрации серебра, были получены волокна желтоватого цвета с различными оттенками. Хорошие свойства устойчивости были получены после 20 стирок без использования сшивающего или связующего агента. Окрашенные волокна обладали превосходной антибактериальной активностью в отношении кишечной палочки даже после 20 стирок [16].

Промышленные предприятия по окрашиванию текстиля, использующие обычные органические красители с небольшим молекулярным весом, ежедневно производят большое количество вредных сточных вод, что создает серьезные проблемы для окружающей среды. Здесь сообщается о

многообещающем чистом способе окрашивания ткани без использования органических красителей, который состоит из двух частей: первая - система контроля темноты, основанной на иммобилизации функционализированных наночастиц сажи на хлопчатобумажной ткани посредством радиационно-инициируемой совместной полимеризации с виниловыми мономерами; вторая – система управления цветом RGB (красный, зеленый и синий) путем иммобилизации наночастиц кобальта синего, кобальта зеленого, оксида железа красного на хлопчатобумажной ткани, которая может окрашивать хлопчатобумажную ткань не только тремя основными цветами RGB, но и серией различных цветов путем смешивания трех основных цветов RGB. Цвет хлопчатобумажной ткани можно точно контролировать, изменяя степень прививки наночастиц. Сильная сеть ковалентных связей между наночастицами и хлопчатобумажной тканью предотвращает выброс наночастиц во время использования, а цвет остается неизменным даже после интенсивной стирки, что эквивалентно 100 циклам стирки в домашних условиях [30].

В этой статье сообщается о новом способе окрашивания полиэфирной ткани наночастицами серебра, синтезированными зеленым цветом (G-НЧ-Ag@ПЭТ), с использованием хитозана в качестве естественного экологически чистого восстановителя. Образование НЧ-Ag было подтверждено с помощью УФ-видимой спектроскопии. Морфологии и средний размер НЧ-Ag были исследованы с помощью ПЭМ. Равномерное осаждение G-НЧ-Ag на поверхности ткани подтверждено СЭМ и инфракрасной Фурье спектроскопией (далее – ИКФС). Обнаружено, что свойства окраски и прочности ткани значительно улучшились, что связано с ППР G-НЧ-Ag. Свойства окраски и устойчивости также были улучшены при степени снижения бактерий выше 90% для обоих штаммов бактерий. Представленный способ может обеспечить потенциально новый процесс окрашивания для использования в текстильной промышленности с желаемыми функциональными свойствами [31].

Здесь описана быстрая, зеленая и простая процедура получения in-situ НЧ-Ag@шёлк в качестве функционального красителя. Сначала ионы серебра (Ag^+) диффундировали в матрицу шелковой ткани путем впитывания водного раствора $AgNO_3$, затем в качестве экологически чистого восстановителя для образования НЧ-Ag@шёлк добавили спиртовой раствор феруловой кислоты, природного полифенола. УФ-видимые спектры и анализ ПЭМ подтвердили образование более или менее сферических хорошо диспергированных НЧ-Ag. Содержание Ag в НЧ-Ag@шёлк определяли путем расщепления азотной кислотой с последующим ICP-OES. Установлено, что НЧ-Ag@шёлк дает красивый цветовой фон от светло-коричневого до темно-золотистого. Шёлк обработанный НЧ-Ag проявлял отличную антибактериальную активность (>99% бактериального снижения) и превосходную стойкость к стирке, где он ингибировал >94% E.coli даже после 10 циклов стирки [32].

Цветные хлопчатобумажные ткани со специальными функциями, были получены с применением оксида цинка в качестве фотокатализатора и НЧ-Ag в качестве нового класса красителей. Гомогенное распределение нанокомпозита Ag/ZnO на поверхности волокна было подтверждено с помощью полевой эмиссионной сканирующей электронной микроскопией (далее - ПЭ СЭМ) и ЭДРС. Рентгенограммы показали присутствие нанокомпозита на обработанной хлопчатобумажной ткани. Результаты показали, что добавление НЧ-Ag к ZnO приводит к улучшению свойств

самоочищения, даже фотокаталитическая активность ZnO не оказывает отрицательного влияния на цвет ткани [23].

В настоящей работе предложен новый подход к функционализации шелковой ткани методом зеленого синтеза НЧ-Ag впервые. Спектры ИК-Фурье подтвердили наличие функциональных групп, в то время как данные ПЭМ и РСА показывали, что синтезированные НЧ-Ag обладают хорошей кристаллической структурой. Исследования СЭМ показали, что НЧ-Ag хорошо осаждены на поверхности волокна. Влияние pH, времени и температуры также изучалось при нанесении НЧ-Ag на шелк, где были определены оптимизированные условия при pH 4 и 40°C в течение 40 минут. Обработка НЧ-Ag усилила цветопередачу шелка, а также улучшила устойчивость к свету и стирке, это предполагает, что этот метод может преодолеть ограничения традиционных процессов окрашивания. Результаты бактериального теста подтвердили высокую антибактериальную активность предлагаемого способа [33].

Окрашенные хлопчатобумажные ткани с устойчивым цветом и длительными антибактериальными свойствами изготавливаются путем последовательного осаждения разветвленных полиэтиленимина (ПЭИ), НЧ-Ag и фторированных децилполиэдрических олигомерных силсесквиоксана (Ф-ПОСС) на хлопчатобумажных тканях. Нанесенные НЧ-Ag с ППР наделяют хлопчатобумажные ткани обильным цветом и антибактериальной способностью. Интеграция самовосстанавливающейся супергидрофобности в хлопчатобумажные ткани путем нанесения пленок Ф-ПОСС/НЧ-Ag/ПЭИ значительно повышает стойкость цвета ткани против стирки и механического истирания, сохраняя антибактериальные свойства НЧ-Ag [34].

Многофункциональные натуральные ткани, такие как цветные, антибактериальные и УФ-защитные получены путем включения НЧ-Ag в матрицу ткани. Хлопчатобумажные и шерстяные ткани использовались в качестве натуральных тканей, а тринатрийцитрат использовался в качестве восстановителя для Ag^+ и стабилизатора для НЧ-Ag. Образование НЧ-Ag на тканях были показаны с помощью СЭМ, и их размеры находились в диапазоне 20-90 нм и 70-150 нм для хлопчатобумажных и шерстяных тканей. В результате ППР НЧ-Ag получены цветные ткани с хорошими прочностными свойствами. Функциональные свойства модифицированных тканей указывают на то, что включение на месте НЧ-Ag в матрицу ткани одновременно придавало многофункциональные свойства (краситель, антибактериальное действие и защита от УФ) натуральным тканям [35].

Показана новая и in-situ стратегия получения наночастиц серебра на хлопчатобумажных, кожаных и шелковых тканях тремя различными способами – это зеленый, химический и сочетание зеленых и химических (композиционный). В целях проверки получения наночастиц серебра применялись различные инструментальные методы, в том числе УФВС, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (далее ПЭМ ВР), ИКФС и РСА. В процессе нагревания химический и композиционный методы восстанавливают ионы серебра на хлопчатобумажные, кожаные и шелковые ткани, а для образования связи с волокнами необходима щелочная среда; данное условие не применяется в методах зеленого синтеза. Композиционная технология, применяемая в целях образования связи наночастиц серебра с различными тканями, способствует обеспечению значительной координации цвета, устойчивости цвета, объемных свойств кожи и хорошей антибактериальной активности [36].

Заключение. Окрашенные текстильные материалы с устойчивым цветом и длительными антибактериальными свойствами изготавливаются как путем применения классических красителей совместно с наночастицами металлов, так и отдельным применением наночастиц металлов в качестве новых красителей и антимикробных агентов. При использовании для окрашивания классических красителей, в сточных водах промышленных предприятий появляется большое количество вредных веществ, что создает серьезные проблемы для окружающей среды. Отдельное применение наночастиц металлов в качестве новых красителей и антимикробных агентов дают хорошие результаты, так как по сравнению с классическими красителями, наночастицы не имеют хромофоров (отвечающих за цвет), а их цветовые свойства зависят от формы и размера частиц. Как показали приведенные анализы, наночастицы металлов синтезированы в основном двумя способами: первый – с применением восстанавливающих и стабилизирующих агентов; второй – in situ методом, где НЧ металлов включены в матрицу текстильных волокон напрямую, без использования каких-либо других восстанавливающих и стабилизирующих агентов. Окраска волокон после включения НЧ-металлов in situ методом связана с поверхностным плазменным резонансом металлов.

Предложены новые подходы к функционализации текстильных материалов методами зеленого синтеза НЧ различных металлов с помощью растительных экстрактов. Использование растительных экстрактов для изготовления металлических наночастиц является простым, удобным, недорогим, легко масштабируемым, менее энергоемким, экологически чистым, сводит к минимуму использование небезопасных материалов и максимально повышает эффективность процесса. Он особенно подходит для изготовления НЧ, которые должны быть свободны от токсичных загрязнений. Среди этих наночастиц большая часть этих исследований была сосредоточена на НЧ-Ag в качестве устойчивого текстильного красителя, превосходную стабильность цвета благодаря своим отличительным свойствам ЛППР. Обработка НЧ-Ag усиливает цветопередачу материалов, а также улучшает устойчивость к свету и стирке, что предполагает, что эти методы могут преодолеть ограничения традиционных процессов окрашивания.

Список литературы

1. Emam H.E., Zahran M.K. Ag0 nanoparticles containing cotton fabric: Synthesis, characterization, color data and antibacterial action // International journal of biological macromolecules, 2015. Vol. 75. P. 106-114.
2. Riaz S., Ashraf M., Hussain T., Hussain M.T., Rehman A., Javid A., Aziz H. Functional finishing and coloration of textiles with nanomaterials / /Coloration Technology, 2018. Vol. 134, No. 5. P. 327-346.
3. Shabbir M., Mohammad F. Multifunctional AgNPs@ Wool: Colored, UV-protective and antioxidant functional textiles // Applied Nanoscience, 2018. Vol. 8. P. 545-555.
4. Butola B.S., Mohammad F. Silver nanomaterials as future colorants and potential antimicrobial agents for natural and synthetic textile materials // RSC advances, 2016. Vol.6, No. 50. P. 44232-44247.
5. Razbrodin A.V. Nauka - tekstil'nomu proizvodstvu: noveyshiye otraslevyye nauchnyye razrabotki v sfere tekhnicheskogo tekstilya i prakticheskiy opyt ikh primeneniya [Science for textile production: the latest industry scientific developments in the field of technical textiles and practical experience in their application] // Sbornik dokladov uchastnikov Pervogo Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma [Collection of reports of participants of the First International Scientific and Practical Symposium], 2017. P. 322, [in Russian].

6. Kobrakov K.I., Koval'chukova O.V., Kuznetsov D.N., Rodionov V.I., Stankevich G.S. Spektrofotometricheskoye izucheniye vzaimodeystviya nekotorykh azokrasiteley, soderzhashchikh khelatiruyushchiye gruppy, s ionami i nanorazmernymi chastitsami serebra [Spectrophotometric study of the interaction of some azo dyes containing chelating groups with ions and nanosized particles of silver] // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti [News from universities. Textile industry technology], 2015. No. 3. P. 82, [in Russian].
7. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić, M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // Industria Textilă, 2013. Vol. 64, No. 2. P. 89-97.
8. Kobrakov K.I., Zakuskin S.G., Zolina L.I., Stankevich G.S., Kuznetsov D.N., Rodionov V.I. Nanomodified textile materials with biocidal properties: Development and pilot testing of manufacturing technology // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2017. Vol. 51. P. 815-819.
9. Maryan A.S., Montazer M., Harifi T. One step synthesis of silver nanoparticles and discoloration of blue cotton denim garment in alkali media // Journal of Polymer Research, 2013. Vol. 20. P. 1-10.
10. Maryan A.S., Montazer M., Harifi T. Synthesis of nano silver on cellulosic denim fabric producing yellow colored garment with antibacterial properties // Carbohydrate polymers, 2015. Vol.115. P. 568-574.
11. Ebadi Ahsan F., Montazer M., Amirshahi S.H., Ghanbar Afjeh M., Harifi T. Influence of nano colloidal silver in dyeing of wool with acid blue 92: isotherm adsorption, kinetic studies and dyed wool characterization // Journal of natural fibers, 2016. Vol. 13, No. 2. P. 204-214.
12. Ramaiah G.B., Ari A.P. Evaluation of color strength (K/S) values of cotton fabrics dyed with reactive dye and treated with silver nanoparticles // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing, 2019. Vol. 2162, No. 1.
13. Ahmed H.B. Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver leverage on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // Carbohydrate polymers, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
14. [?] Nanosilver Enabled Reactive Dyes for Antimicrobial Medical Textiles // NNOA, 2016.
15. Zhang Z., Lv X., Chen Q., An J. Complex coloration and antibacterial functionalization of silk fabrics based on noble metal nanoparticles // Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2019. Vol. 14. P. 1558925019866948.
16. Emam H.E., Mowafi S., Mashaly H.M., Rehan M. Production of antibacterial colored viscose fibers using in situ prepared spherical Ag nanoparticles // Carbohydrate polymers, 2014. Vol. 110. P. 148-155.
17. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // Fibers and Polymers, 2016. Vol. 17. P. 888-895.
18. Emam H.E., El-Hawary N.S., Ahmed H.B. Green technology for durable finishing of viscose fibers via self-formation of AuNPs // International journal of biological macromolecules, 2017. Vol. 96. P. 697-705.
19. Yu Z., He H., Liu J., Li Y., Lin X., Zhang C., Li M. Simultaneous dyeing and deposition of silver nanoparticles on cotton fabric through in situ green synthesis with black rice extract // Cellulose, 2020. Vol. 27. P. 1829-1843.
20. Jafari-Kiyan A., Karimi L., Davodiroknabadi A. Producing colored cotton fabrics with functional properties by combining silver nanoparticles with nano titanium dioxide // Cellulose, 2017. Vol. 24. P. 3083-3094.
21. Aziz W.J., Abid M.A., Hussein E.H. Biosynthesis of CuO nanoparticles and synergistic antibacterial activity using mint leaf extract // Materials Technology, 2020. Vol. 35, No. 8. P. 447-451.
22. Afshari S., Montazer M., Harifi T., Mahmoudi Rad M. A coloured polyester fabric with antimicrobial properties conferred by copper nanoparticles // Coloration Technology, 2019. Vol. 135, No. 6. P. 427-438.
23. Avazpour S., Karimi L., Zohoori S. Simultaneous coloration and functional finishing of cotton fabric using Ag/ZnO nanocomposite // Coloration Technology, 2017. Vol. 133, No. 5. P. 423-430.

24. Tang B., Wang J., Xu S., Afrin T., Xu W., Sun L., Wang X. Application of anisotropic silver nanoparticles: Multifunctionalization of wool fabric // Journal of colloid and interface science, 2011. Vol. 356, No. 2. P. 513-518.
25. Tang B., Li J., Hou X., Afrin T., Sun L., Wang X. Colorful and antibacterial silk fiber from anisotropic silver nanoparticles // Industrial & Engineering Chemistry Research, 2013. Vol. 52, No. 12. P. 4556-4563.
26. Tang B., Yao Y., Chen W., Chen X., Zou F., Wang, X. Kinetics of dyeing natural protein fibers with silver nanoparticles // Dyes and pigments, 2018. Vol. 148. P. 224-235.
27. Tang B., Yao Y., Li J., Qin S., Zhu H., Kaur J., Wang X. Functional application of noble metal nanoparticles in situ synthesized on ramie fibers // Nanoscale research letters, 2015. Vol. 10. P. 1-9.
28. Abou Elmaaty T., El-Nagare K., Raouf S., Abdelfattah K., El-Kadi S., Abdelaziz E.J.R.A. One-step green approach for functional printing and finishing of textiles using silver and gold NPs // RSC advances, 2018. Vol. 8, No. 45. P. 25546-25557.
29. Peng L., Guo R., Lan J., Jiang S., Wang X. Silver nanoparticle coating on cotton fabric modified with poly (diallyldimethylammonium chloride) // Materials Technology, 2016. Vol. 31, No. 8. P. 431-436.
30. Ding X., Yu M., Wang Z., Zhang B., Li L., Li J. A promising clean way to textile colouration: cotton fabric covalently-bonded with carbon black, cobalt blue, cobalt green, and iron oxide red nanoparticles // Green chemistry, 2019. Vol. 21, No. 24. P. 6611-6621.
31. Hasan K.M.F., Pervez M.N., Talukder M.E., Sultana M.Z., Mahmud S., Meraz M.M., Genyang C.A novel coloration of polyester fabric through green silver nanoparticles (G-AgNPs@ PET) // Nanomaterials, 2019. Vol. 9, No. 4. P. 569.
32. Shahid M., Zhou Y., Cheng X.W., Zar M.S., Chen G., Tang R.C. Ferulic acid promoted in-situ generation of AgNPs@ silk as functional colorants // Journal of cleaner production, 2018. Vol. 176. P. 736-744.
33. Mahmud S., Sultana M.Z., Pervez M.N., Habib M.A., Liu H.H. Surface functionalization of “Rajshahi Silk” using green silver nanoparticles // Fibers, 2017. Vol. 5, No. 3. P. 35.
34. Wu M., Ma B., Pan T., Chen S., Sun J. Silver□nanoparticle□colored cotton fabrics with tunable colors and durable antibacterial and self□healing superhydrophobic properties // Advanced Functional Materials, 2016. Vol. 26, No. 4. P. 569-576.
35. Rehan M., Mashaly H.M., Mowafi S., Abou El-Kheir A., Emam H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // Dyes and Pigments, 2015. Vol. 118. P. 9-17.
36. Velmurugan P., Shim J., Kim H., Lim J.M., Kim S.A., Seo Y.S., Oh B.T. Bio-functionalization of cotton, silk, and leather using different in-situ silver nanoparticle synthesis modules, and their antibacterial properties // Research on Chemical Intermediates, 2020. Vol. 46. P. 999-1015.

Материал поступил в редакцию 28.04.24

Н.Е. Ботабаев[1], А.К. Бектурсунова[1], А.К. Абсаллимова[1], Р. Ердем[2], М.Қ. Өміртай[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Акдениз университеті, Анталья қ., Түркия

МЕТАЛЛ НАНОБӨЛШЕКТЕРІМЕН БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ ӨҢДЕУ КЕЗІНДЕ ТОҚЫМА КАЛОРИМЕТРИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Аңдатпа. Бұл шолуда дәстүрлі бояғыштармен тоқыма талшықтарын бояу процесінде металл нанобөлшектерінің түс өзгеруіне, түс тұрақтылығына және биоцидтік потенциалдарға әсері көрсетілген. Сонымен бірге металл нанобөлшектерді бояғыштардың және микробқа қарсы агенттердің жаңа кластары ретінде қолданудағы соңғы жетістіктер және олардың әртүрлі тоқыма материалдарының калориметриялық және бактерияға қарсы сипаттамаларына әсері келтірілді. Өсімдік

сығындыларын қолданып, әр түрлі металдардың НЧ жасыл синтезі әдістерімен тоқыма материалдарын функционализациялаудың жаңа тәсілдері ұсынылды. Металл нанобөлшектерін жасау үшін өсімдік сығындыларын пайдалану қарапайым, ыңғайлы, арзан, оңай масштабталатын, энергияны аз қажет ететін, экологиялық таза, қауіпті материалдарды пайдалануды азайтып, процестің тиімділігін арттырады. НЧ-Ag өңдеу материалдардың түсін күшейтеді, сонымен қатар жарық пен жууға төзімділікті жақсартып, бұл әдістер дәстүрлі бояу процестерінің шектеулерін жеңе алады деп болжамдалуда.

Тірек сөздер: металл нанобөлшектері, күміс нанобөлшектері, тоқыма материалы, калориметриялық сипаттама, бояуға төзімділік, бактерияға қарсы қасиет, фунгицидтік қасиет.

N.E. Botabayev[1], A.K. Bektursunova[1], A.K. Absallimova[1], R. Erdem[2], M.K. Omirtay[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Akdeniz University, Antalya, Turkey

CHANGES IN THE CALORIMETRIC CHARACTERISTICS OF TEXTILES DURING ANTIBACTERIAL TREATMENT WITH METAL NANOPARTICLES

Abstract. This review presents the effect of metal nanoparticles in the process of dyeing textile fibers with traditional dyes on color change, color stability and biocidal potentials. The latest achievements in the use of metal nanoparticles as new classes of dyes and antimicrobial agents, and their influence on the calorimetric and antibacterial characteristics of various textile materials are also presented. New approaches to the functionalization of textile materials by methods of green synthesis of LF of various metals using plant extracts are proposed. The use of plant extracts for the manufacture of metal nanoparticles is simple, convenient, inexpensive, easily scalable, less energy-intensive, environmentally friendly, minimizes the use of unsafe materials and maximizes the efficiency of the process. LF-Ag processing enhances the color reproduction of materials, as well as improves resistance to light and washing, which suggests that these methods can overcome the limitations of traditional dyeing processes.

Keywords: metal nanoparticles, silver nanoparticles, textile material, calorimetric characteristic, color stability, antibacterial property, fungicidal property.

ҒТАМР 64.29.15

А.А. Ешжанов[1] – *негізгі автор,*
Г.К. Мурзабаева[2], С.Т. Тожимирзаев[3], Р.Т. Калдыбаев[4], Б. Абзалбекұлы[5], А.А. Батыркулова[6]

[1,3,5]PhD, [2,6]Докторант, [4]Техн. ғылым. канд., доцент

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0002-5246-8233 [2]https://orcid.org/0000-0003-3647-2547
[3]https://orcid.org/0000-0002-8265-5160 [4]https://orcid.org/0000-0002-1370-7553
[5]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388 [6]https://orcid.org/0009-0005-8678-8736

[1,2,4,6]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[3]Үргеніш мемлекеттік университеті, Үргеніш қ., Өзбекстан
[5]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]abilda_1977@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/GYME4749

ТАРАУ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ИІРІМ ЖІПТІҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Иіру өндірісінде тарау үрдісі таспаның сапасына және сонымен қатар алынатын иірімжіптің сапалық қасиеттеріне де үлкен әсер етеді. Бұл зерттеу жұмысы тарамды шығару жылдамдығын өзгерту арқылы иірімжіптің сапасын негіздеуге арналды. Тарамды шығарудың әртүрлі жылдамдығында алынған иірімжіптің сапалық қасиеттерінің өзгеруі Uster® жүйесіндегі зертханалық жабдықтарда сарапталды. Зерттеудің негізгі мақсаты төмен сызықтық тығыздықты иірімжіпті алу үшін қажетті тарамды шығарудың оңтайлы жылдамдығын анықтау. Номері Ne 40/1 (14,5 текс) иірімжіпті алу Zinser® сақиналы иіру машинасында жүргізілді.

Зерттеу нәтижесінде таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің сапалық көрсеткіштеріне әсерін анықтау барысында шығару жылдамдығы 180 м/мин-тан 210 м/мин-қа артқан сайын иірімжіптің біртегіссіздігі 10,9% -дан 12,3%-ға аз мәнде артатыны, иірімжіпте ақаулардың саны (IPI) 129-дан 373-ке дейін үздіксіз көбейуі анықталды. Зерттеу барысында шығару барабаны жылдамдығының жоғарылауымен, иірім жіптің беріктігі 16,8 cN/tex-тен 16,0 cN/tex-ке төмендеді. Шығару жылдамдығы 180 м/мин мен 210 м/мин аралығында иірімжіптің түктілігі аз деңгейде 4,2%-дан 4,8%-ға жоғарылағаны байқалды. Таралған өнімді шығару жылдамдығының жоғарылауынан иірімжіптің ұзаруы 5,42%-дан 5,25%-ға төмендегені анықталды.

Тірек сөздер: тарақ таспасы, шығару жылдамдығы, иірімжіп, біртегіссіздік, ақаулар, беріктік, түктілік, ұзару.

Ешжанов, А.А. Тарау жылдамдығының иірім жіптің сапалық көрсеткіштеріне әсері [Мәтін] / А.А. Ешжанов, Г.К. Мурзабаева, С.Т. Тожимирзаев, Р.Т. Калдыбаев, Б. Абзалбекұлы, А.А. Батыркулова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.327-337. https://doi.org/10.55956/GYME4749

Кіріспе. Иіру үрдісі тоқыма өнеркәсібінің негізі болып табылады, ал иіру өндірісінің нгізгі үрдісі тарау үрдісі [1]. Тарау машинасының негізгі бөлшектері мен механизмдері алынатын өнімнің (таспа, иірімжіп) сапасына

әсер етеді. Таспаларды тарау машинасының жылдамдық режимдерінің көрсеткіштері созу, алдын ала иіру және иіру үрдістерінде талшықтың сапалық қасиеттерін өзгертеді [2]. Жаңа буын тарау машиналарының жылдамдық режимдері үш есе өсті. Қабылдау барабанының жылдамдығы 700 мин$^{-1}$-ден 2700 мин$^{-1}$-ге дейін, бас барабанның жылдамдығы 350 мин$^{-1}$-ден 900 мин$^{-1}$-ге дейін және қақпақтардың қозғалыс жылдамдығы 0,1 м/мин-ден 0,4 м/мин-ге дейін. Сондай-ақ, тарау машинасының жұмыс ені ұлғайған сайын (Rieter R70) 1,0 м-ден 1,5 м-ге дейін [3], өндірілген таспаның тығыздығын 3 ктекс-тен 7 ктекс-ге дейін арттыруға мүмкіндік береді. Тарау жылдамдығы мен тарау машинасының жұмыс енінің жоғарылауымен өнімділігі артты. Тарау машинасының өнімділігі артқанда дайын өнімнің құрылымыда өзгереді [4].

Қазірге кезде өндіріспен жеткізілетін материалдың жоғары сапасына қол жеткізу үшін қабылдау барабанының жылдамдығы, негізгі барабанның жылдамдығы, қалпақтардың жылдамдығы және шығару жылдамдығы сияқты тарау машинасының жылдамдық параметрлерін оңтайландыру аса маңызды болып табылады. Таралған таспаның сапалық көрсеткіштерінің өзгеруі кейінгі иіру үрдістерінің дұрыс орындалмауына әкеледі [5]. Оңтайландыру дегеніміз – белгілі бір мөлшерде және жылдамдықпен алынатын таралған таспаға арналған нормативтерді анықтау.

Қабылдау барабанының жылдамдығы қоқыстарды кетіруге әсер етеді, сонымен қатар талшықтың зақымдалуына әкелуі мүмкін; негізгі барабанның айналу жиілігі талшықтардың ажырауына әсер етеді; қалпақшалардың жылдамдығының артуы қысқа талшықтарды тазартуға және алып тастауға мүмкіндік береді [6].

Таспаны тарау үрдісі сапалы жүру үшін басты барабанның айналу жиілігі 540 мин$^{-1}$ шегінде ұсынылған [7].

Тәжірибе Trutzschler [8] фирмасының TS-15 маркалы тарау машиналарында сағатына 70-тен бастап 80кг/сағ-қа дейін төрт түрлі өндіріс жылдамдығымен жүргізілді. Мақта талшықтарының 1-2 сұрыпты «жақсы» классты IV типті бірдей қоспасы [9] талшықтарды тазарту бөлімінен иіру үрдісіне дейін өңделді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Кездейсоқ алу тәсілімен ағындағы материалдардан иіру үрдісінің өткелдері бойынша талшық үлгілері алынды. Үлгілер AFIS зертханалық құрал-жабдықтарда сыналды [10]. Мақта талшығының өткелдер бойынша алынған үлгісінің зерттелетін қасиеттері 1-кестеде берілген.

1-кестеде талшықтардың қасиеттерінің өзгеру нәтижелері, қопсыту, тазарту және тарау процесінде алынған. Сапалық көрсеткіштер мысалы, өңдеудің бастапқы кезеңдеріндегі түйіндер саны (NEPS) көбейеді, мақта талшықтарын өңдеудің әр ауысуынан кейін қысқа талшықтардың мөлшері біркелкі өзгермейді. Мұны талшықтарды қопсыту, тазарту және тарау процесінде машиналардың жұмыс органдарының динамикалық және механикалық әсерлерінің әсерімен түсіндіруге болады.

Түйіндердің ұлғаюы дайын иірімжіптің проблемаларына әкелуі мүмкін және IPI мәнінің жоғарылауына әсер етеді [11]. Бұл одан да көп иіру процесінің осы ауысуларында зерттеу жүргізуге назар аударуын талап етеді.

Кесте 1

Өткелдер кезеңдеріндегі мақта талшығының сапа көрсеткіштері (AFIS жүйесі бойынша мәліметтер)

Өтпелі үрдістер		TotalNepCnt [Cnt/g] түйіндердің жалпы саны	Fiber Nep Cnt [Cnt/g] түйіндер	SCNep Count [Cnt/g] тұқым қабығынан түйіндер	SFC (w) % 0.5in қысқа талшықтар	SFC (n) % 0.5in қысқа талшықтар	5% L(n) [in] талшықтың ұзындығы	Fineness [mtex] жіңішкелік	MaturityRatio жетілуі	IFC [%] өлі талшықтар
Uster Statistics-2018	5%	105	96	4,5	2,6	13,1	34/35	178	0,98	3,9
	25%	162	150	8,6	4,2	16,5	34/35	172	0,94	4,8
	50%	238	225	14	5,8	19,6	34/35	164	0,90	5,9
BDT 019/2300		238	219	18	6,6	19,4	33,3	174	0,8	5,7
CL-P алдын ала тазартқыш		248	233	18	6,4	19,5	33,4	168	0,91	5,6
CLEANOMAT CL-U әмбебап тазартқыш		287	263	29	6,7	20,5	33,6	168	0,93	4,8
CARDSHUTFEED тарауға дейінгі қорек-тендіргіш		345	326	18	6,7	21	34	167	1,1	7
CARDING, TC-15 таралған таспа		58	55	4	8	20	35	173	1,2	6
CLEANING EFFICIENTY, % тазалау тиімділігі		84	84	85	-	-	-	-	-	84
TD-9 таспа 1-ші өткелдегі таспа		43	39	5	6,7	18,3	34,7	181	0,95	4,9
TD-8 таспа 2-ші өткелдегі таспа		71	65	7	6,8	18,5	34,8	182	0,96	4,6

Жартылай фабрикаттар иіру процесінің 4 түрлі технологиялық параметрлерінен таңдалды. Trutzschler фирмасының моделі TC-15 70 кг/сағ жұмыс істейтін тарау машинасының технологиялық жабдықтары қолданылды. Мақта талшығы араластыру пісіру цехынан иіруге дейін өңделді. Тарақ таспасы TD-9 моделінің бірінші ауысу машинасында және TD-8 моделінің екінші ауысу машинасында өңделді, содан кейін таспа таспасы Zinser® 5M

моделінің тегістеу машинасында және Zinser® 72 моделінің сақиналы иіру машинасында қайта өңделді, әдетте сақиналы иіру машинасы 17000 мин$^{-1}$ шпиндельдің орташа жылдамдығымен жұмыс істеді [12].

Барлық үлгілер: таралған өнімді шығару жылдамдығы 180 м/мин, 190 м/мин, 200 м/мин, 210 м/мин, иірімжіптің Ne40/1 (14,5 текс) номиналды нөмірмен алынды.

Үрдіс параметрлері. Төмендегі кестеде өткелдер бойынша технологиялық үрдістердің негізгі параметрлері келтірілген:

Кесте 2

Өткелдер бойынша технологиялық үрдістердің негізгі параметрлері

Үрдіс түрі	**Параметрлер**	**Үрдіс түрі**	**Параметрлер**
Тарау жабдығы ТС-15		**Созбалау жабдығы Zinser 5M**	
Таспаның нөмері (Ne)	0,092	Созбаның нөмірі (Ne)	0,80
			1200
Қабылдау барабанының жылдамдығы, мин$^{-1}$	1200	Білікшенің жылдамдығы, мин$^{-1}$	
Негізгі барабанының жылдамдығы, мин$^{-1}$	540	Ширату (дюйм)	0,96/1,16
Қалпақшалар жылдамдығы, мм/мин	320	Нығыздағыш	Black
Шығару барабанның жылдамдығы, м/мин	180/190/200/210	Жалпы созу	7,08
Қоректендірутөсемнің тығыздығы, g/m	500-600	Артқы созу	1,14
TD-9 1- ші таспалау		Тығыздағыш	12 mm
Алынған таспаның нөмірі (Ne)	0,110	**Zinser R72 иіру**	
Артқы созу	1,57	Жалпы созу	37,5
Жалпы созу	9,56	Артқы созу	1,19
Шығару жылдамдығы, м/мин	650	Нығыздағыш	White
Қабаттау	8x8	Цилиндрлер арасындағы саңылау	44/54
Цилиндрлер арасындағы саңылау	A-49: B-42	Жүгіртпе түрі	6/0 Zh/Sh Lion brand
TD-8 2-ші таспалау		Ұршықтың жылдамдығы, мин$^{-1}$	17000
Алынған таспаның нөмірі (Ne)	0,115		
		Ширатпа	1045
Артқы созу	1,24		
Жалпы созу	6,26		
Шығару жылдамдығы, м/мин	550		
Қабаттау	6x6		
Цилиндрлер арасындағы саңылау	A-49: B-42		

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Иіру жабдықтары мен технологияларын өндірушілер сызықтық тығыздығы төмен, жоғары сапалы, тарау жылдамдығы жоғары және талшықты жоғалту деңгейі төмен

иірімжіптерді өндіруде қиындықтар туғызады [13]. Иірімжіп өндірушілері үшін бұл мәселелерді шешу маңызды болып табылады, себебі олар бәсекеге қабілетті, сапалы, сұранысқа ие тауар өндіруі қажет.

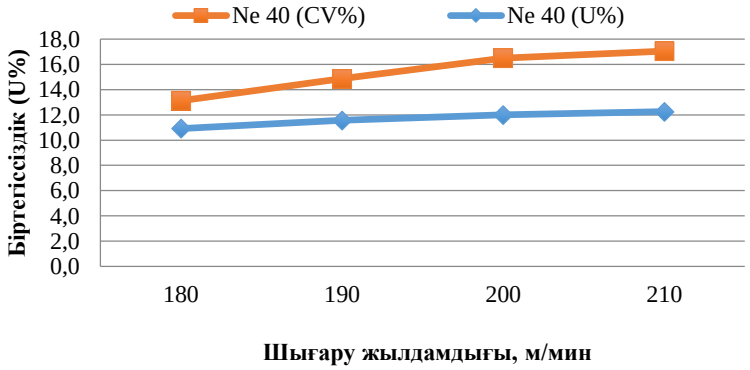
Бұл зерттеуде тарау машиналарының өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің сапасына әсері талданды. Тараудың төрт түрлі шығару жылдамдығынан жартылай фабрикаттардан алынған иірім жіптер Uster Tester-5 зертханалық жабдығында сыналды [14], тестілеу нәтижелерінің көрсеткіштері 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3

Таралған өнімді 4 түрлі шығару жылдамдығында алынған иірімжіптің сапалық көрсеткіштерінің айырмашылықтарын салыстырмалы зерттеу

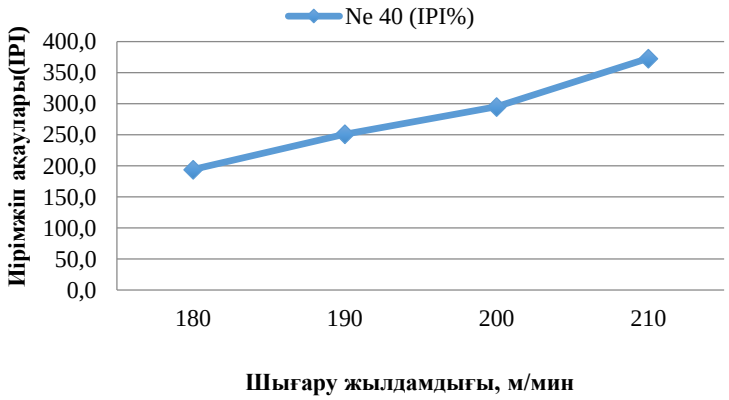
Мәндердің атауы	**Сақиналы кардты иірім жіп, тоқу Ne 40 S[1] (14,5 текс)**			
Үрдіс түрі	180 м/мин	190 м/мин	200 м/мин	210 м/мин
Нөмір бойынша ауытқу CV, %	1,16	1,21	1,24	1,27
U%/ біртегіссіздік	10,9	11,6	12,0	12,3
CVu%/ uster бойынша вариация коэффициенті	13,72	14,57	15,85	16,50
Thin: (-)50/ жіңішке жерлер	6	10	12	17
Thick: (+)50/ қалың жерлер	64	98	107	123
Neps: (±)200/ түйіндер	129	190	224	238
IPI/ жалпы ақаулар	194	251	295	373
Hairiness/ түктілік	4,2	4,5	4,7	4,8
RKM/ салыстырмалы үзілу беріктігі , cN/tex	16,8	16,5	16,2	16,0
Elongation/ Серпінділігі, ἐ %	5,42	5,36	5,30	5,25

1) *Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің біртегіссіздігіне әсері, (U%).* Таралған өнімді шығару жылдамдығы мен өндіріс жылдамдығының әсері иірім жіптің біртегіссіздігіне айтарлықтай әсер етпейді [15]. 1-суреттегі график бойынша шығару жылдамдығы 180 м/мин-тан 210 м/мин-қа артқан сайын иірім жіптің біртегіссіздігі шамалы артады деген қорытынды жасаймыз. Шығару барабаны жылдамдығының артуы таралған өнім мен тарау таспасындағы талшықтың кездейсоқ бағытталу дәрежесінің төмендеуіне әкеледі.



Сурет 1. Шығару жылдамдығының иірім жіптің біртегіссіздігіне әсері, U % және CV % устер бойынша

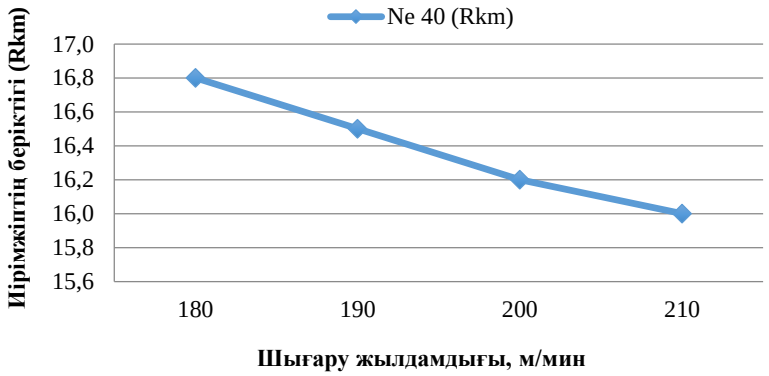
2) *Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің ақауларына (IPI) әсері.* Ақаулар иірімжіптің қалың және жұқа жерлерін және де neps-ті қамтиды. 2-суреттегі графиктен тарамды шығару жылдамдығы 180-нен 210 метр/минутқа дейін жоғарылағанда, иірімжіпте ақаулардың үздіксіз көбейуі анықталды. Иірімжіптің қалың және жұқа жерлерінің пайызы артып, иірімжіптің жалпы ақаулары (IPI) индексінің жоғарылауына алып келеді. Тарау машинасының басты барабанының үстіндегі талшықтың жүктеме қабаты тарамды шығару жылдамдығының ұлғайуы есебінен артады. Ал талшықтар басты барабаннан шығару барабанға оңай беріледі. Негізгі барабанның жоғары жылдамдығында тарау әрекеті жақсарады, бұл иірімжіп ақауларының жалпы санының төмендеуіне әкеледі [16]. Тарау машинасының негізгі барабанының жоғары жылдамдығымен иірім жіптің жалпы IPI-нің төмендеуіне әкеледі. Қалпақтардың жоғары жылдамдығы түйіндерді кетіру тиімділігін жақсартудың жақсы нәтижесін береді. Түйіндерді және қысқа талшықты тиімді алып тастау арқылы иірім жіптің түктілігі тиімді түрде азаяды. Егер сіз алынбалы барабанның жылдамдығын арттырсаңыз, иірім жіптің IPI-сі талшықтың негізгі барабаннан алынбалы барабанға нашар ауысуына және түйіндердің қосымша генерациясына байланысты артады.



Сурет 2. Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің ақауларына (IPI) әсері

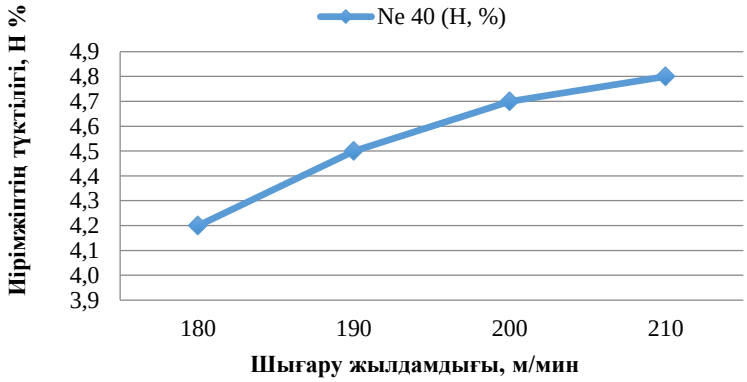
3) *Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің беріктігіне әсері (Rkm).* Бұл зерттеуде, бастапқыда шығару барабаны жылдамдығының жоғарылауымен, иірім жіптің беріктігі 16,8 cN/tex-тен 16,0 cN/tex-ке төмендейді. Шығарудың төмен жылдамдығы тараудың нашарлауына және талшықтардың негізгі барабаннан түсіру барабанына нашар өтуіне әкеледі. Шығарудың жоғары жылдамдығы тарау процесінде талшықтың берілу тиімділігін арттырады [17]. Талшықты берудің үлкен тиімділігі иірімжіптің беріктігіне қосымша әсер ететін таралған таспадағы талшықтардың аз көлемде ажырауына және параллелденуіне алып келеді.

3-суреттегі графиктен таралған өнімді шығару жылдамдығы жоғарылаған кезде, иірімжіптің беріктігі (RKM) 16,8 cN/tex-тен 16,0 cN/tex-ке төмендейтінін көреміз.



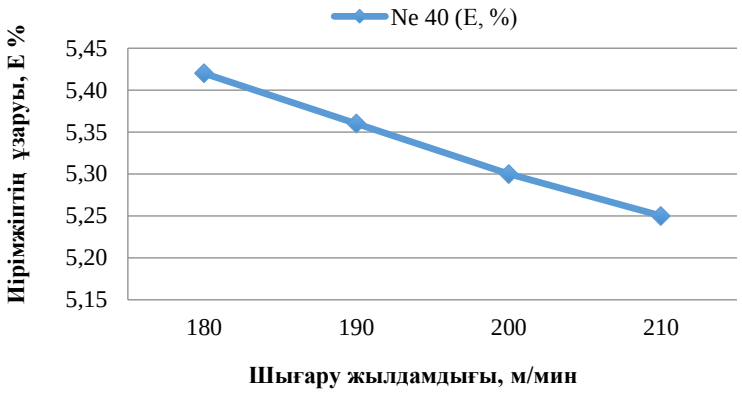
Сурет 3. Шығару жылдамдығының иірім жіптің беріктігіне (Rkm) әсері, cN/tex

4) *Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің тұктілігіне әсері (H%).* 4-суреттегі график бойынша біз тарау шығару жылдамдығының иірім жіптің тұктілік индексіне әсерін көре аламыз. Шығару жылдамдығының жоғарылауымен иірім жіптің тұктілік индексінде өте аз өзгерістер бар. Тараудың нашар әрекетіне байланысты шығару жылдамдығы 180 мен 210 м/мин аралығында иірімжіптің тұктілігі аз деңгейде 4,2%-дан 4,8%-ға жоғарылағаны байқалды. Демек, иірім жіптің тұктілік индексіне шығару жылдамдығының әсері маңызды емес деп айтуға болады.



Сурет 4. Тарау жылдамдығының иірім жіптің тұктілігіне әсері, H %

5) *Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің ұзаруына әсері (E%).* 5-суреттегі график иірім жіптің ұзаруына тарау жылдамдығының әсерін көрсетеді. Айта кету керек, тарамды шығару жылдамдығының жоғарылауынан иірімжіптің ұзаруы 5,42%-дан 5,26%-ға төмендеді. Бұл өте аз өзгерістер болып саналады. Сондықтан, шығару жылдамдығының иірім жіптің ұзаруына әсері айтарлықтай мәнге ие емес деп айтуға болады.



Сурет 5. Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің ұзаруына әсері, E %

Қорытынды. Иірімжіптің сапалық сипаттамаларын жоспарлау үшін иірімжіптің сапасына тікелей әсер ететін екі факторды ескеру маңызды: біріншісі – талшықтың қасиеттері және талшықтардың өткелдер бойынша өзгеруі, екіншісі – жабдықтың технологиялық толтыру параметрлері. Бұл факторлар арасындағы байланыс өндірісте сапалы өнім шығаруда үлкен рөл атқарады. Иірімжіптің қасиеттерін жақсарту үшін кардтық тарау машинасының өнімділігін зерттеу үшін көптеген зерттеулер жүргізілді.

Таралған өнімді шығару жылдамдығының иірімжіптің біртегіссіздігіне әсерін зеттеу барысында шығару жылдамдығы 180 м/мин-тан 210 м/мин-қа артқан сайын иірім жіптің біртегіссіздігі аз мәнде артады. Таралған өнімді шығару жылдамдығы 180-ден 210 метр/минутқа дейін жоғарылағанда, иірімжіпте ақаулардың үздіксіз көбейуі анықталды. Зерттеу барысында шығару барабаны жылдамдығының жоғарылауымен, иірім жіптің беріктігі 16,8 cN/tex-тен 16,0 cN/tex-ке төмендеді. Шығару жылдамдығы 180 мен 210 м/мин аралығында иірімжіптің түктілігі аз деңгейде 4,2%-дан 4,8%-ға жоғарылағаны байқалды. Таралған өнімді шығару жылдамдығының жоғарылауынан иірімжіптің ұзаруы 5,42%-дан 5,25%-ға төмендеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Тожимирзаев, С.Т. Влияние скоростных режимов приемного барабана на качество пряжи [Тест] / С.Т. Тожимирзаев, Х.Д. Парпиев, Х. Парпиев // Интернаука, Научный журнал. – 2020. – № 15 (144). – С. 95-101.
2. Jackowska-Strumiłło Lidia, Cyniak D., Czekalski J., Jackowski T. Quality of cotton yarns spun using ring-, compact-, and rotor-spinning machines as a function of selected spinning process parameters // Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2007. Vol. 60. P. 24-30.
3. Yeshzhanov, A., Murzabayeva, G., Togataev, T. The influence of increasing the productivity of the carding machine on the quality indicators of the card sliver // E3S Web of Conferences, 2024. No. 474. P. 01024.
4. Murzabayeva G., Yeshzhanov A., Kaldybaev R. The influence of the average residence time of the fiber in the set of the main drum and the flats of the carding machine on the carding degree // E3S Web of Conferences 474, 2024. P. 01025.
5. Rieter Card C 75, The Concept for Excellence, Rieter Machine Works Ltd., Winterthur, Switzerland, [Electronic resource]. – Access mode: https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/card-c-75.

6. Cripps H. High speed revolving flats: An enhancement to card performance // Proceedings of Beltwide Cotton Conference, San Antonio, TX, 1995. P.1389.
7. Тожимирзаев, С.Т. Исследование изменений свойств волокон переходам в процессе прядения [Текст] / С.Т. Тожимирзаев. Д.Х. Парпиев, М. Омонов // Универсум: технические науки. – 2020. – № 6 (75.2) – С. 50-55.
8. Card TC 15 – Brochure, Trutzschler Spinning,Trützschler GmbH & Co. KG Textil maschin en fabrik, Mönchengladbach, Germany [Electronic resource]. – Access mode: https://www.truetzschler-spinning.de/en/products/card/technical-highlights/.
9. O'z Dst 604:2016.Волокно хлопковое. Технические условия № 05-782 [Текст] – Введ. 23.08.2016. – Ташкент: Узстандарт, 2016.
10. Uster AFIS PRO 2 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.uster.com/en/instruments/fiber-testing-1/uster-afis-pro-2/.
11. Tojimirzayev S, Khudayberdiyeva D.B., Parpiyev H., Erkinov Z. Influence of short fibers on the quality characteristics of the product, yield of yarn and waste of cotton fiber // International Journal of Innovation and Scientific Research, 2014. Vol. 6, No 1. P. 44-49.
12. Saurer Zinser 72 ring spinning machine [Electronic resource]. – Access mode: https://saurer.com/en/products/machines/spinning/ring-spinning/zr-72xl.
13. Bhadane D., Parsi R.D., Dorugade V.A., Chandurkar P.W., Airjet Spinning: effect of blending on yarn quality // Indian Textile Journal, 2013. Vol. 123, No.9. P. 23-29.
14. Uster® statistics-2018 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.uster.com/en/service/uster-statistics/.
15. Mohamed A.M., El-Sayed, Suzan Sanad H. The Impact of New Spinning Technologies On The Egyptian Cottons // AUTEX Research Journal, 2007. Vol. 8, No. 4. P. 231-238.
16. Abdul Jabbar, Tanveer Hussain, Abdul Moqeet, Impact of Carding Parameters and Draw Frame Doubling // Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2013. Vol. 8, No. 2. P. 72-78.
17. Ашнин, Н.М. Кардочесание волокнистых материалов [Текст] / Н.М. Ашнин. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. – 144 с.

Материал редакцияға 02.05.24 түсті.

А.А. Ешжанов[1], Г.К. Мурзабаева[1], С.Т. Тожимирзаев[2], Р.Т. Калдыбаев[1], Б. Абзалбекұлы[3], А.А. Батыркулова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г Шымкент, Казахстан
[2]Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Республика Узбекистан
[3]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЫПУСКА ЧЕСАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЯЖИ

Аннотация. В прядильном производстве большое влияние на качество ленты, а также на качественные свойства получаемой пряжи оказывает процесс чесания. Данная исследовательская работа проводилась для обоснования качества прядения пряжи путем изменения скорости выпуска чесания. Изменения качественных свойств пряжи, полученной при различных скоростях выпуска чесания, анализировали на лабораторном оборудовании системы Uster®. Основная цель исследования – определить оптимальную скорость выпуска чесания, необходимую для получения пряжи низкой линейной плотности. Пряжу номером Ne 40/1 (14,5текс) получили на кольцепрядильной машине Zinser®.

В результате исследования было установлено, что при определении влияния скорости выпуска чесальной ленты на качественные показатели пряжи при

увеличении скорости выпуска с 180 м/мин до 210 м/мин неравномерность пряжи увеличивается незначительно от 10,9% до 12,3%, также непрерывно увеличиваются дефекты пряжи (IPI) с 129 до 373. С увеличением скорости выпускного барабана прочность пряжи снизилась с 16,8 cN/tex до 16,0 cN/tex. Наблюдалось незначительное увеличение ворсистостьи пряжи с 4,2% до 4,8% при скорости выпуска с 180 до 210 м/мин. Установлено, что из-за увеличения скорости выпуска чесания удлинение пряжи снизилось с 5,42% до 5,25%.

Ключевые слова: чесальная лента, скорость выпуска, пряжа, неровнота, дефекты, прочность, ворсистость, удлинение.

A.A. Yeshzhanov[1], G.K. Murzabayeva[1], S.T. Tojimirzaev[2], R.T. Kaldybaev[1], B. Abzalbekuly[3], A.A. Batyrkulova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Urgench State University, Urgench, Uzbekistan
[3] M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

INFLUENCE OF COMBING SPEED ON QUALITY INDICATORS OF YARN

Abstract. In spinning production, the carding process has a great influence on the sliver's quality, as well as the resulting yarn's quality properties. This research work was carried out to substantiate the spinning yarn's quality by changing the carding release speed. Changes in the yarn's quality properties obtained at different carding speeds were analyzed using laboratory equipment Uster® system. The study's main aim is to determine the optimal carding speed required to obtain low linear density yarn. Yarn number Ne 40/1 (14.5 tex) was obtained on a Zinser® ring spinning machine

As a result of the study, it was found that when measuring the effect of spreading release speed on yarn inhomogeneity with increasing release speed from 180 m/min to 210 m/min with lower value of yarn inhomogeneity, with increasing spreading release speed from 180 to 210 m/min there is a continuous increase in yarn defects in spinning yarn. In the study, with the increase in release drum speed, the spinning yarn strength decreased from 16.8 cN/tex to 16.0 cN/tex. There was an increase in discharge speed from 180 to 210 m/min from 4.2% to 4.8% with low yarn pile. It was found that yarn elongation decreased from 5.42% to 5.25% due to increase in distributed release speed.

Keywords: card sliver, release speed, yarn, unevenness, defects, strength, hairiness, elongation.

References

1. Tozhimirzayev S.T., Parpiyev KH., Parpiyev D.Kh. Vliyaniye skorostnykh rezhimov priyemnogo barabana na kachestvo pryazhi [Influence of receiving drum speeds on yarn quality]// Internauka, Nauchnyy zhurnal [Internauka, Scientific Journal], 2020. No. 15(144). P. 95-101, [in Russian].
2. Jackowska-Strumiłło Lidia, Cyniak D., Czekalski J., Jackowski T. Quality of cotton yarns spun using ring-, compact-, and rotor-spinning machines as a function of selected spinning process parameters // Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2007. Vol. 60. P. 24-30.
3. Yeshzhanov A., Murzabayeva G., Togataev T. The influence of increasing the productivity of the carding machine on the quality indicators of the card sliver // E3S Web of Conferences 474, 2024. P. 01024.
4. Murzabayeva G., Yeshzhanov A., Kaldybaev R. The influence of the average residence time of the fiber in the set of the main drum and the flats of the carding machine on the carding degree // E3S Web of Conferences 474, 2024. P. 01025.

5. Rieter Card C 75, The Concept for Excellence, Rieter Machine Works Ltd., Winterthur, Switzerland, [Electronicresource]. – Access mode: https://www.rieter.com/products/systems/fiber-preparation/card-c-75.
6. Cripps H. High speed revolving flats: An enhancement to card performance, Proceedings of Beltwide Cotton Conference, San Antonio, TX, 1995. P.1389.
7. Tozhimirzayev S.T., Parpiyev D.KH., Omonov M. Issledovaniye izmeneniy svoystv volokon po perekhodam v protsesse pryadeniya [Investigation of changes in fiber properties by transition during spinning process] // Universum: tekhnicheskiye nauki [Universum: technical sciences], 2020. No. 6 (75.2). P. 50-55, [in Russian].
8. Card TC 15 – Brochure, Trutzschler Spinning, Trützschler GmbH & Co. KG Textilmaschinenfabrik, Mönchengladbach, Germany. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.truetzschler-spinning.de/en/products/card/technical-highlights/.
9. O'zDst 604:2016. Voloknokhlopkovoye. Tekhnicheskiyeusloviya № 05-782 [Cotton fiber technical conditions № 05-782]. – Introduced 23.08.2016. – Tashkent: Uzstandart, 2016, [in Russian].
10. Uster AFIS PRO 2. [Electronicresource]. – Access mode: https://www.uster.com/en/instruments/fiber-testing-1/uster-afis-pro-2/.
11. Tojimirzayev S, Khudayberdiyeva D.B., ParpiyevH. and ErkinovZ. Influence of short fibers on the quality characteristics of the product, yield of yarn and waste of cotton fiber // International Journal of Innovation and Scientific Research, 2014. Vol. 6, No. 1. P. 44-49.
12. SaurerZinser 72 ring spinning machine. [Electronicresource]. – Access mode: https://saurer.com/en/products/machines/spinning/ring-spinning/zr-72xl.
13. Bhadane D., Parsi R.D., Dorugade V.A., Chandurkar P.W. Airjet Spinning: effect of blending on yarn quality // Indian Textile Journal, 2013. Vol. 123, No. 9. P. 23-29.
14. Uster® statistics-2018, [Electronicresource]. – Access mode: https://www.uster.com/en/service/uster-statistics/.
15. Mohamed A.M., El-Sayed, Suzan Sanad H. The Impact of New Spinning Technologies On The Egyptian Cottons // AUTEX Research Journal, 2007. Vol. 8, No. 4. P. 231-238.
16. Abdul Jabbar, TanveerHussain, Abdul MoqeetImpact of Carding Parameters and Draw Frame Doubling // Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2013. Vol. 8, No. 2. P. 72-78.
17. Ashnin, N.M. Kardochesanie voloknistyh materialov [Carding of fibrous materials]. – Moscow: Light industry and consumer services, 1985. – 144 p., [in Russian].

МРНТИ 64.41.14

Ф.А. Бобоев[1] – *основной автор*, **Ш. Мирзаев**[2], **Д.Д. Зуфарова**[3] ©

[1]*PhD-исследователь,* [2]*Магистр,* [3]*Инженер*

[1,2,3]*Ассоциация UZCHARMSANOAT*

г. Ташкент, Узбекистан

[1]*malokhat_69_86@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/GNMG7673

ОБУВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КИТАЯ И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЕЁ РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье приводятся сведения об обувной промышленности Китая. В ней содержатся сведения устойчивого развития производства обуви в Китае, а также установлены наиболее важные факторы развития китайской обувной промышленности. Также представлен прогноз направлений развития обувной отрасли Китая на ближайшие 5 лет.

Ключевые слова: обувная промышленность, факторы развития, производители обуви, обувные бренды, производственная мощность, устойчивое развитие.

Бобоев, Ф.А. Обувная промышленность Китая и основные факторы её развития [Текст] / Ф.А. Бобоев, Ш. Мирзаев, Д.Д. Зуфарова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.338-344. https://doi.org/10.55956/GNMG7673

Введение. Обувная промышленность мира является ведущей отраслью промышленного комплекса. На ее долю приходится до 3% мирового валового продукта, более 5% занятых в промышленных производствах. Отрасль характеризуется постоянным экономическим ростом, обусловленным увеличением населения, повышением его благосостояния и покупательной способности [1]. Обувная индустрия – это постоянно развивающаяся отрасль, которая сочетает в себе моду и повседневные функции и продолжает привлекать потребителей по всему миру. С каждым сезоном появляются новые тенденции, которые в последствии выражают наш личный стиль.

Сегодня производство обуви и продажа растут в огромных масштабах, и одна из причин этого заключается в том, что обувные бренды тратят много денег на рекламу. Кроме того, спрос на спортивную обувь стремительно растет во всем мире. Мировой обувной рынок достиг 409,5 миллиардов в 2022 году. По оценкам в долларах США, к 2032 году эта цифра достигнет 725,1 миллиарда (рис. 1) [2].

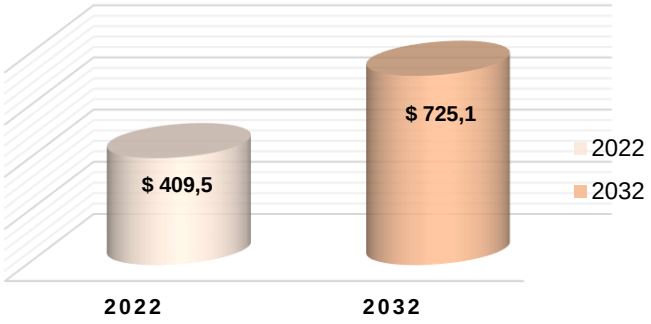


Рис. 1. Прогноз динамики роста стоимости мирового обувного рынка 2022 и 2032 годах.

Обсуждение научных результатов. Китай в настоящее время является самой мощной промышленно развитой страной в мире с развитой обувной промышленностью. Постоянно растущий спрос на качество продукции со стороны потребителей на этом рынке стимулирует производство более совершенной современной обуви. Рост современного китайского производства и рост электронной коммерции являются одними из основных факторов, способствующих этим изменениям. Обувная промышленность Китая, одного из крупнейших и наиболее перспективных обувных рынков мира, играет важную роль в мировой торговле.

После столетий «доминирования» обувной промышленности в Европе и Америке китайская обувная промышленность наконец завоевала свою основную долю, особенно в последние годы. Этот «скачок» объясняется ростом благосостояния среднего класса, изменением тенденций среди потребителей и необходимостью улучшения условий труда. Истоки производства обуви в Китае восходят к древним временам, когда для изготовления обуви использовались традиционные ремесла и ремесленные навыки. Однако промышленная модернизация, которая началась на рубеже веков, когда Китай начал экономические реформы и открыл свои двери для иностранных инвестиций и торговли. В этот период Китай превратился в крупный центр производства, захвативший значительную часть мирового рынка, опираясь на свою большую рабочую силу и низкие производственные затраты.

На сегодняшний день лидерами в обувной промышленности являются Китай, страны Юго-Восточной и Средней Азии, а также бурно развивающиеся в последнее время страны Южной Америки. В этих странах обувная промышленность является приоритетной для развития национальной экономики [1]. Сегодня Китай производит более половины всей мировой обуви (54,6% мирового производства) [3]. Но к выгоде других азиатских стран, объем производства в Китае неуклонно падает: спад составил более 6% за последние 10 лет. В таблице 1 представлены страны, занимающие лидирующие позиции в мировом производстве обуви

Сегодня Китай занимает очень большую долю в сфере спортивной обуви, которая становится все более популярной на мировых рынках. По данным Statista, рынок спортивной обуви в Китае к 2023 году достиг 15,84 миллиарда долларов США и достиг 10,85 долларов США на душу населения. Большая численность населения Китая способствует прибыльности рынка

спортивной обуви, который на протяжении многих лет продолжает последовательно расти.

Таблица 1

ТОП-10 стран-производителей обуви, 2022 г

№	Страна	Пара (миллионов)	Его доля в мировом производстве, %
1	Китай	13 047	54,6
2	Индия	2 600	10,9
3	Вьетнам	1 500	6,3
4	Индонезия	1 026	4,3
5	Бразилия	849	3,5
6	Турция	582	2,4
7	Пакистан	519	2,2
8	Бангладеш	467	2,0
9	Мексика	205	0,9
10	Камбоджа	202	0,8

Несмотря на отрицательный рост в 2021 году из-за пандемии Covid-19, войны между Россией и Украиной, рынок спортивной обуви демонстрирует общую тенденцию роста. Ожидается, что совокупный годовой темп роста (CAGR) на период 2023-2028 годов составит 7,07% в год (что означает стабильный рост). По прогнозам, к 2028 году в сегменте кроссовок будет продано более 300 миллионов пар [4], что сделает его крупным и прибыльным рынком как с точки зрения общего количества проданной обуви, так и с точки зрения количества проданной обуви на душу населения.

По данным Statista, в августе 2023 года китайский сегмент рынка кроссовок принес доход в размере 15,84 миллиарда долларов. Продолжающееся покровительство китайских потребителей иностранным и отечественным брендам позволило отрасли вырасти с ожидаемым среднегодовым темпом роста (CAGR) на уровне 7,07% в течение 2023-2028 годов [5].

В целом бурное развитие рынка спортивной обуви обусловлено, прежде всего, ростом среднего класса и ростом интереса отечественных потребителей к люксовым брендам. Эта тенденция позволила местным брендам, таким как Li’s, воспользоваться симпатией китайцев к спортивной обуви [6].

В качестве примера можно привести следующие несколько важных факторов развития китайской обувной промышленности:

1. Экономические реформы и глобализация. Либерализация китайской экономики и ее интеграция в мировой рынок сыграли важную роль в развитии обувной промышленности. Прямые иностранные инвестиции, передача технологий и доступ к международным рынкам позволили китайским производителям обуви расширить свою деятельность и укрепить свои производственные возможности.

2. Производственная мощность. Высококвалифицированная рабочая сила Китая, крупные производственные мощности и эффективные цепочки поставок сделали страну промышленным центром. Возможность массового производства обуви по конкурентоспособным ценам стала важным фактором развития и успеха отрасли.

3. Технический прогресс. Достижения в области производственных технологий, таких как автоматизация, робототехника и цифровые производственные процессы, привели к беспрецедентной «революции» в обувной промышленности Китая. Эти инновации повысили эффективность, качество и возможности индивидуальной настройки, помогая повысить конкурентоспособность отрасли и удовлетворить растущие потребности потребителей.

4. Переход к дизайну и инновациям. В последние годы в китайской обувной промышленности произошел значительный сдвиг в сторону инноваций в дизайне, дифференциации продукции и брэндинге. Китайские компании все больше внимания уделяют производству высококачественной обуви с добавленной стоимостью, уникальным дизайном и расширенной функциональностью для удовлетворения потребностей внутреннего и мирового рынков.

5. Внутренний потребительский рынок. Рост среднего класса Китая и повышение покупательной способности потребителей оказали значительное влияние на развитие обувной промышленности. Внутренний спрос на широкий ассортимент обувной продукции, включая спортивную, повседневную и модную обувь, побудил представителей отрасли к инновациям и диверсификации своего ассортимента.

Китай крупнейшая страна-производитель обуви в мире, а также крупнейший потребитель и экспортер обуви. В частности, только в 2022 году в Китае были приобретены 3,930 млн. пары обуви, опередив занявшие 2-е место США (2 683 млн пар) и 3-е место Индию (2 526 млн пар), и на их долю пришлось 17,9 процента мирового потребления обуви [7]. Экспорт в 2022 году составил 20 миллион долларов США, мировая доля 61,3%. На рисунке 2 показано соотношение экспорта и импорта обуви в ведущих странах производителей обуви.

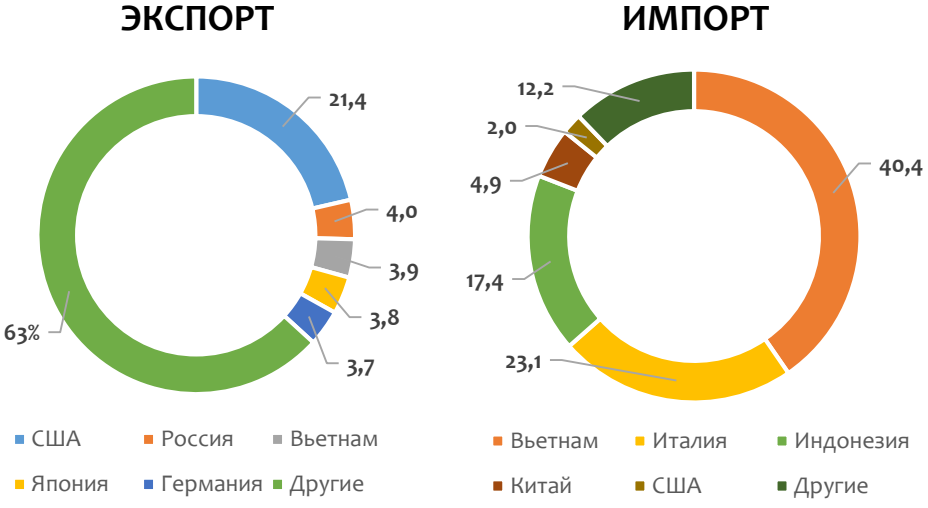


Рис. 2. Соотношение экспорта и импорта обуви в ведущих странах производителей обуви

Известно, что мировые обувные бренды в последние 30 лет выбрали Китай для производства своей продукции. Примеры: Nike, Adidas, Puma, Vans,

Under Armour, New Balance, Converse, UGG и др. Также можно упомянуть Ли Нин, Анта, XTEP, PEAK, 361 градус и т.д. Одной из основных причин, по которой мировые бренды выбирают Китай в том, что Китай умело управляет цепочкой поставок.

Успешная стратегия цепочки поставок должна обеспечивать конкурентное преимущество компании путем достижения следующих целей:

- снижение затрат;
- повышение эффективности;
- улучшение сервиса выдачи разрешений.

Цепочка поставок Китая, включающая эффективные, гибкие, недорогие производственные и логистические услуги, обеспечивает качественную и своевременную доставку обувной продукции. Цифровая трансформация цепочки поставок Китая, интеллектуальная модернизация и защита окружающей среды. Обладая огромным потенциалом и преимуществами в области соблюдения требований, он может предложить еще больше преимуществ и возможностей своим партнерам по всему миру.

Китай имеет самую большую и полную систему цепочки поставок в мире, охватывающую множество предприятий во всех аспектах: сырье, комплектующие, сборка, упаковка, хранение, транспортировка, распределение и т.д., образуя огромный промышленный кластер и «эко сферу». В то же время китайские компании предоставляют клиентам комплексные услуги, отвечают различным потребностям и стандартам, реализуют крупномасштабное производство и операции, сокращают затраты и риски, повышают эффективность и имеют потенциал для улучшения качества.

Китайские компании, занимающиеся цепочками поставок, внедряют новые технологии и модели, такие как цифровизация, искусственный интеллект и экология, а также продолжают увеличивать инвестиции для реализации трансформации цепочки поставок за счет повышения гибкости и синергии (эффективности). Примером тому являются услуги, предоставляемые такими платформами, как Huawei и Alibaba, имеющими крупнейшую в мире базу данных.

Кроме того, компании не только добились цифровой и умной трансформации, но и установили партнерские отношения с государственными учреждениями, отраслевыми ассоциациями, исследовательскими институтами и т.д. для продвижения инноваций и защиты окружающей среды для обеспечения устойчивости. Многие производители обуви инвестируют в экологически чистые материалы и методы производства, они берут на себя инициативу по улучшению условий труда и повышению социальной ответственности.

Китай уже давно стал одной из крупнейших стран производителей в мире, но он до сих пор не достиг цели стать «мощной страной-производителем». Причина в том, что китайские производители по-прежнему занимаются OEM-производством – то есть выпуском продукции для других брендов. Однако некоторые компании имеют большие возможности для продвижения вверх по отраслевой цепочке. Например, Бренды Jinjiang Sports, представленные Dagree, Anta и Peak, выходят на мировые рынки и сотрудничают с крупнейшими компаниями мира. Belle International – ведущая китайская компания по производству женской обуви, занимающая третье место в мировой обувной индустрии после Nike и Adidas по доле рынка.

Вышеупомянутые бренды имеют потенциал стать известными международными брендами.

Стоит отметить, что в современных глобальных экономических и политических конфликтах китайская обувная промышленность сталкивается с различными трудностями. Ряд мировых брендов переносят свои производства из Китая в другие быстрорастущие индустриальные страны, в частности в Индию, Индонезию, Вьетнам и Бангладеш. Как пример, крупная тайваньская компания Pou Chen Group, производящая обувную продукцию под немецкими брендами Adidas и Puma, планирует инвестировать 278 миллионов долларов и создать более 20 000 рабочих мест для размещения производства в Индии [8]. Для информации, группа Pou Chen производит более 200 миллионов обуви в год под вышеуказанными брендами.

Заключение. В заключение можно сказать, что китайскую обувную промышленность ждут дальнейший рост и изменения. Ожидается, что отрасль продолжит двигаться в сторону инноваций, устойчивого развития и цифровизации по мере изменения потребительских предпочтений, экологических проблем и технологических достижений.

Также в ближайшие 5 лет китайское правительство намерено создать специальные промышленные зоны в самом Китае и предоставить в них множество возможностей для китайских производителей обуви, которые вынуждены покинуть страну в другие промышленно развитые страны и сотрудничать со всемирно известными брендами. В качестве одной из таких возможностей можно привести пример мега проекта – крупного промышленного комплекса – в Международном городе обуви и текстиля Цзиньцзян. Поскольку Китай продолжает играть важную роль на мировом рынке, развитие отрасли характеризуется постоянными инновациями, диверсификацией и адаптацией к меняющимся требованиям мирового рынка.

Список литературы

1. Тихонова, Н.В. Производство обуви из натуральной кожи с модифицированной структурой [Текст] / Н.В. Тихонова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – С. 78-79.
2. Joana Vaz Teixeira World Footwear Yearbook President of APICCAPS // APICCAPS Studies Office, 2023. P. 9-11. [?].
3. Current situation of footwear industry 2021. Analysis, future development [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.linkedin.com/pulse/current-situation-footwear-industry-2021-analysis-future-development.
4. Trade map [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.trademap.org/Country_SelProductCountry.
5. China’s sneaker market thrives as middle class gros and consumer preferences evolve [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://daxueconsulting.com/chinas-sneaker-market/.
6. Allied market research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.alliedmarketresearch.com/footwear.
7. Taiwan shoemakers’ steps away from China offer path for Foxconn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://asia.nikkei.com/Spotlight/Supply-Chain/Taiwan-shoemakers-steps-away-from-China-offer-path-for-Foxconn.
8. Should you manufacture shoes in China? As insider’s guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.morphomfg.com/manufacture-shoes-china.

Материал поступил в редакцию 10.05.24

Ф.А. Бобоев[1], Ш. Мирзаев[1], Д.Д. Зуфарова[1]

[1]UZCHARMSANOAT Қауымдастығы, Ташкент қ., Өзбекстан

ҚЫТАЙДЫҢ АЯҚ КИІМ САЛАСЫ ЖӘНЕ ДАМУЫНЫҢ НЕГІЗГІ ФАКТОРЛАРЫ

Аңдатпа. Мақалада Қытайдың аяқ киім өнеркәсібі туралы мәліметтер келтірілген. Онда Қытайдағы аяқ киім өндірісінің тұрақты дамуы туралы ақпарат бар, сонымен қатар қытай аяқ киім өнеркәсібінің дамуының маңызды факторлары анықталған. Сондай-ақ, алдағы 5 жылға арналған Қытайдың аяқ киім саласын дамыту бағыттарының болжамы ұсынылған.

Тірек сөздер: аяқ киім өнеркәсібі, даму факторлары, аяқ киім өндірушілері, аяқ киім брендтері, өндіріс қуаты, тұрақты даму.

F.A. Boboyev[1], SH. Mirzayev[1], D.D. Zufarova[1]

[1]UZCHARMSANOAT Association, Tashkent, Uzbekistan

CHINA'S FOOTWEAR INDUSTRY AND MAIN FACTORS OF ITS DEVELOPMENT

Abstract. The article provides information about the shoe industry in China. It contains information on the sustainable development of shoe production in China, and also identifies the most important factors in the development of the Chinese shoe industry. The forecast of the directions of development of the shoe industry in China for the next 5 years is also presented.

Keywords: shoe industry, development factors, shoe manufacturers, shoe brands, production capacity, sustainable development.

References

1. Tihonova N.V. Proizvodstvo obuvi iz natural’noy kozhi s modifitcirovannoy structuroi [Production of shoes made of genuine leather with a modified structure] // Vestnik Kazanskogo technologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University], 2013. P. 78-79, [in Russian].
2. Joana Vaz Teixeira World Footwear Yearbook President of APICCAPS // APICCAPS Studies Office, 2023. P. 9-11. [?].
3. Current situation of footwear industry 2021. Analysis, future development [Electronic resource]. – Access mode: https://www.linkedin.com/pulse/current-situation-footwear-industry-2021-analysis-future-development.
4. Trade map [Electronic resource]. – Access mode: www.trademap.org/Country_SelProductCountry.
5. China’s sneaker market thrives as middle class gros and consumer preferences evolve [Electronic resource]. – Access mode: https://daxueconsulting.com/chinas-sneaker-market/.
6. Allied market research [Electronic resource]. – Access mode: https://www.alliedmarketresearch.com/footwear.
7. Taiwan shoemakers’ steps away from China offer path for Foxconn [Electronic resource]. – Access mode: https://asia.nikkei.com/Spotlight/Supply-Chain/Taiwan-shoemakers-steps-away-from-China-offer-path-for-Foxconn.
8. Should you manufacture shoes in China? As insider’s guide [Electronic resource]. – Access mode: https://www.morphomfg.com/manufacture-shoes-china.

ҒТАМР 64.29.23

А.К. Абсаллимова[1] – *негізгі автор*, **Н.Е. Ботабаев[2], А.К. Бектурсунова[3], М.Н. Еркебай[4]**

[1]*Докторант,* [2,3,4]*PhD*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0000-0271-5040* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8999-7801*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-5514-5870* [4]*https://orcid.org/0009-0001-0170-702X*

[1,2,3]*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан*
[4]*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан,қ., Қазақстан*

@ [1]absalyamova.aigerim@mail.ru

https://doi.org/10.55956/SCSK2485

КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ БАКТЕРИЦИДТІК ӘСЕРІ ЖӘНЕ ТОҚЫМА ӨНДІРІСІНДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа. Күміс нанобөлшектер бетінің көлемге жоғары қатынасына байланысты ерекше қасиеттері олардың әсерінің жоғары тиімділігін анықтайды. Микроағзалардың жасушалық қабығымен сіңірілген күміс иондары оның кейбір функцияларын бұзады, бірақ жасушалардың тіршілік қабілеттілігі сақталады. Күміс иондарының микроағза жасушаларына ықпал ету механизмі келесідей: күміс иондары микроағза жасушасының қабықшасына сіңіп, оның салдарынан жасушасы тіршілік әрекетін жалғастырады, бірақ бактериостатикалық әсер ету сияқты кейбір функциялары бұзылады. Жүргізілген зерттеулер әр түрлі патогендік және патогендік емес ағзалардың күміс иондарына қарсы сезгіштігі біркелкі еместігін көрсетеді. күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдарынан жасалған бұйымдарды пайдалану адам денесінің терморегуляциясының түрлі әсерлеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, ағзаның оттегі-тасымалдау жүйесі жұмысының тиімділігін арттырады, су-май балансын сақтайды, иммундық жүйенің жұмысын, зат алмасу және жасушалардың регенерациясын жақсартады. Күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдары жұқпалы аурулардың таралу қаупі жоғары жерлерде: қоғамдық тамақтану кәсіпорындарында, ауыл шаруашылығы және мал шаруашылығы үй-жайларында, балалар, спорттық және медициналық мекемелерде профилактикалық микробқа қарсы қорғаныс құралдары ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: жасуша, микроағза, патогендік, дезинфекциялық, биоцидтік қасиет.

Абсаллимова, А.К. Күміс нанобөлшектерінің бактерицидтік әсері және тоқыма өндірісінде қолданылуы [Мәтін] / А.К. Абсаллимова, Н.Е. Ботабаев, А.К. Бектурсунова, М.Н. Еркебай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.345-352. https://doi.org/10.55956/SCSK2485

Кіріспе. Әртүрлі материалдардың наноөлшемді бөлшектерін жасап, оны қолдану заманауи нанотехнологияның белсенді даму барысындағы салаларына жатқызуға болады. Қазіргі таңда күмістің нанобөлшектерін кеңінен қолдануда. Басқа да нанобөлшектерге ұқсас күміс нанобөлшектері

беттерінің оның көлеміне үлкен қатынастығына сәйкес сипаттарымен ерекшеленіп, оның ықпалының жоғарғы тиімділігін дәлелдейді. Көптеген заттар мен материалдарға бактерицидтік және бактериостатикалық қасиеттер беру мақсатында күміс нанобөлшектерінің функционалдық әрекеттілігіне үлкен мән беріледі. Патогендік микроағзаларды жоюда күміс бөлшектерінің 9-15 нм өлшемдері ең оңтайлы болып саналады. Оның вирустар немесе бактериялармен күмістің әрекеттесу аумағын жоғарылататындай белгіленген мөлшерден артық өте жоғары меншікті бетке ие болуы бактерицидтік ықпалын айтарлықтай жақсартады. Сонымен, күмісті нанобөлшектер ретінде пайдалану жалпы толық бактерицидтік қасиеттерін сақтау арқылы күмістің мөлшерін жүз есе азайтуға ықпал етеді. Күміс нанобөлшектерін биоцидтік қосылыс сияқты ықпалы бар үлкен биоцидтік қасиеттерге ие жаңа жабындар, материалдар және басқа да көптеген өнім түрлерін дайындауға және шығаруға арналған модификатор түрінде пайдаланылады. Тоқыма материалдарына енгізу мақсатында күміс нанокомпозиттерін іріктеу барлық пайдаланудағы микроағзаларға қарсы құралдардың алдында олардың маңызды және мінсіз басымдылығына сүйенеді. Оны келесідей түсіндіруге болады: күміс қоспалары микроағзаларға қарсы әрекеттеріліктің ауқымды аясына ие болуынан патогендік микроағзалардың резистенттілік мәселесіне байланысты кемшіліктерінен айырылған [1].

Нанобөлшектер (НБ) соңғы екі онжылдықта олардың бетінің көлеміне қатынасының айтарлықтай мөлшерімен және басқа өлшемдік әсерлерімен байланысты бірегей физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты зерттеушілердің ерекше назарын аударды. Сонымен, күмістің маңызды қасиеттерінің бірі-оның бактерицидтік және антивирустық белсенділігі, ол нанобөлшектерді пайдалану кезінде бетінің күрт өсуіне байланысты айтарлықтай артады [2].

Жоғары тиімділік, оларды синтездеу мен қолданудың қарапайым тәсілдері оларды ерекше тартымды және көпшілікке қол жетімді етеді. Көптеген зерттеулер Ag нанобөлшектерінің аз мөлшері әртүрлі тоқыма материалдарына микробқа қарсы қасиеттер бере алатынын көрсетті [2-4].

Күміс нитраты өте тиімді микробқа қарсы агент болғанымен, бақыланбайтын тотықсыздандыру процестеріне байланысты ауа мен жарыққа ұшыраған кезде маталарды қара-қоңыр түске бояйды [5]. Бұл маталарды бояуға, әсіресе бозғылт реңктерде үлкен кедергі болуы мүмкін. Бұл мүмкіндік микробқа қарсы және колориметриялық тұрғыдан бірдей маңызды болғандықтан, көптеген авторлар бұл мәселені шешу үшін ғылыми және зерттеу жұмыстарын жүргізді [6,7]. Ahmed және т. б. [8] нано күмісті (AgНБ) қосудың вискоза талшықтарын көк реактивті бояумен бояу процесіне әсерін зерттеді. AgНБ қосылуының арқасында талшықтардың түсі жасыл-көкке айналды. Микробқа қарсы белсенділік AgНБ қосу арқылы айтарлықтай жақсарды. Рехан және басқалар, зерттеу мақта матасын коллоидты Ag нанобөлшектерімен жүктеу мен тікелей бояғыштармен бояу арасындағы байланысты талқылайды [9]. Күміс нанобөлшектерді түрлі-түсті мақта мен жүннен жасалған маталарды жақсы беріктік қасиеттерімен алу үшін қолданды [10]. Сонымен қатар, Jafari және оның әріптестері жібек және мақта маталарын бояу үшін әртүрлі өлшемдегі күміс нанобөлшектерді пайдаланды [11]. Бұл қапталған маталар берік беріктік қасиеттері бар түрлі-түсті түстермен ұсынылған.

Бүгінгі таңда бізде күміс нанобөлшектерімен өңделгеннен кейін тоқыма материалдарының бастапқы түсінің сақталуы туралы аз ақпарат бар. Бұл

жұмыста күміс және карбоксиметилкрахмал нанобөлшектеріне негізделген ұсынылған нанокомпозицияның белсенді бояғыштармен боялған трикотаж маталардың түрлі түстеріне түс сипаттамаларына әсері зерттелді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Иондық түрдегі күміс бактерицидтік, айқын байқалатын зеңге қарсы, сонымен бірге антисептикалық ықпалы бар және жіті жұқпа тудыратын патогендік микроағзаларға байланысты тиімділігі жоғары зарарсыздандырғыш болып саналады. Сонымен бірге, қазіргі таңда күмістің күшті антибактериалдық және вирустарға қарсы қасиеттерімен қоса, оның ағзадағы барлық жүйелер мен мүшелердің қалыпты жұмысына қажетті микроэлемент түрінде айқындалған ықпалы, күмістің иммундық түзетуші ерекшеліктері оған деген қызығушылықты арттыруда. Күмістің иммунитет төмендеген жағдайды адам ағзасының қорғанысын арттыратын иммундық модуляциялық қасиеттері бар.

Басқа металдармен салыстырғанда күмістің бактерицидтік әсері жоғары. Мұнда, күміс иондарының микроағзалардың жасушаларына ықпал ету арқылы оларды жояды. Күміс аэробты және анаэробты микроағзаларға, сонымен бірге оның антибиотиктергдің әсеріне төзімділік танытатын түрлеріне, сондай-ақ бірқатар кейбір вирустарға және саңырауқұлақшаларға қарсы жоғарғы әрекеттілігін көрсетеді. Жүргізілген зерттеулер әр түрлі патогендік және патогендік емес ағзалардың күміс иондарына қарсы сезгіштігі біркелкі еместігін көрсетеді. Патогендік емес микроағзалармен салыстырғанда патогендік микроағзалар күміс иондарына сезгішталдылығы жоғары болып саналады. Осыған байланысты, күміс иондары, негізі, зиянды микроағзаларды жою арқылы, таңдамалы ықпал етеді [12].

Күміс иондарының микроағза жасушаларына ықпал ету механизмі келесідей: күміс иондары микроағза жасушасының қабықшасына сіңіп, оның салдарынан жасушасы тіршілік әрекетін жалғастырады, бірақ бактериостатикалық әсер ету сияқты кейбір функциялары бұзылады. Бірқатар антибиотиктер және сульфаниламидтермен салыстырғанда күмістің микроағзаларға қарсы ықпал ету спектрі анағұрлым кең болып саналады. Пенициллин, биомицин және басқа да антибиотиктермен салыстырғанда күмістің күшті микроағзаларға қарсы және антибиотиктерге төзімділігі жоғары бактериялар түрлеріне ықпалы күшті болып табылады [13]. Сонымен, күміс иондары бактерицидтік қабілеттіктен бастап бактериостатикалық ықпалына дейін көптеген микроағзаларға әсері айқындалған.

Бұл ретте күміс иондары микроорганизмдерге қарағанда адам ағзасының жасушалары үшін зиянсыз екендігі өте маңызды.

Бактерияларды жоюда күміс препараттарының әсері күшті, мысалы, бірдей концентрация мөлшеріндегі карбол қышқылының әсер ету күштілігі 1750 есе, ал сулеманың әсерінен күштілігі 3,5 есе жоғары. Күміс иондарының 0,1 мг/л мөлшерінде де фунгицидтік әсері байқалады. Бірдей концентрация мөлшерінде хлор, натрий гипохлориді, хлорлы әк және т.с.с. күшті тотықтырғыштардың әсерімен салыстырғанда күміс ерітінділерінің бактерицидтік әсері жоғары екендігі расталған. Бактериялардың әсер ету салдарынан ірің және қабынған беттерімен жанасуда күміс иондарының ерітінділері ең оңтайлы әрі тиімді емдік құрал болып табылады [14].

Күміс иондары бірқатар бактериялардан бастап бактериястатикалық микроағзаларға дейін, сонымен қатар микроағзалардың көбеюіне қарсы әсер ету тиімділігі өте жоғары болып саналады. Алтын түсті стафилококк және көптеген кокктар сияқты кейбір микроағзаларға күміс иондары негізінде

жасалған препараттардың әсер ету қабілеттілігі антибиотиктерден де жоғары болып табылады.

Микроағзаларға күмістің ықпал ету механизмін сипаттайтын бірқатар теориялар ішінде, теріс заряды бар және соңғы бактериялық жасушаның адсорбциясы барысында заряды оң күміс иондары және бактериялардың жасушаларының өзара арасында туындайтын жасушаның электрстатикалық күштердің өзара әрекеттесу салдарынан тіршілігін жоғалтатын, ең көп таралғаны – адсорбциялық теория болып табылады.

Негізі, күміс иондарының бір жасушалы (бактериялар) және жасушасыз микроағзалармен (вирустармен) күресу механизмі келесідей: механикалық беріктігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін амин қышқылдарымен қосылған, ерекше ақуыздар (пептидогликандар) құрылымын білдіретін, бактериялардың жасушалы мембранасына әсер ететінін білдіреді. Күміс, оттегіні бактерия жасушасының ішіне беру қабілетін бұғаттай отырып, сыртқы пептидогликандармен өзара әрекеттеседі, бұл микроағзаның «тұншығуына» және өлуіне әкеледі.

Күмістің әсері инфекция бойынша емес (антибиотиктер сияқты), жасушалық құрылым бойынша ерекше. Химиялық тұрақты қабырғасы жоқ кез келген жасуша (мұндай жасушалық құрылымдар бактериялар мен жасушалық қабырғасы жоқ басқа да ағзаларда бар, мысалы, жасушадан тыс вирустарда) күміс әсеріне ұшыраған. Сүтқоректілердің жасушалары мүлдем басқа мембрананың типіне (құрамында пептидогликандары жоқ) ие болғандықтан, күмістің оларға ешқандай әсері болмайды [15].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Кейбір зерттеушілер күмістің жасушаға әсер ету механизмін түсіндіре отырып, физикалық-химиялық процестеріне ерекше мән береді. Атап айтқанда, бактериялар протоплазмасының тотығуын және оның суда ерітілген оттегімен бұзылуын, күміс катализатор рөлін атқарады. Ауыр металдары бар нуклеин қышқылдары кешендерінің пайда болуын дәлелдейтін деректер бар, соның салдарынан ДНҚ тұрақтылығы және тиісінше, бактериялардың өміршеңдігі бұзылады. Сонымен бірге, күміс иондарының микроағзаларға қарсы кеңінен ықпал ету себептерінің бірі – натрий және кальций иондарының транс-мембраналық тасымалын тежеу болып саналады [16].

Қорыта келе, күмістің микроағзалар жасушасына ықпал ету механизмі – күміс иондары қорғаныш функциясын орындайтын жасушалық қабықпен сорбцияланады. Жасуша тіршілік қабілетін сақтап қалады, бірақ оның кейбір функциялары, мысалы, бөлуі (бактериостатикалық әсері) бұзылады. Микроағза жасушасының бетіне күміс иондары сіңірілген соң ол жасушаның ішіне енеді, тыныс алу тізбегінің ферменттерін тежейді.

Қорытынды. Күміс нанобөлшектерінің биоцидті қасиеттерін пайдаланудағы перспективті бағыт – медициналық және тұрмыстық мақсаттағы тоқыма және полимер өнімдерін өндіру. Ең алдымен, бұл түрлі таңу материалдарының, медициналық мақсаттағы тоқыманың, сондай-ақ спорттық киім-кешегі, экипировкасы мен термо ішкі киімінің және шұлық-ұйық өнімдерінің өндірісі. Бұдан басқа, күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдарынан жасалған бұйымдарды пайдалану адам денесінің терморегуляциясының түрлі әсерлеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, ағзаның оттегі-тасымалдау жүйесі жұмысының тиімділігін арттырады, су-май балансын сақтайды, иммундық жүйенің жұмысын, зат алмасу және жасушалардың регенерациясын жақсартады. Күмістің нанобөлшектерімен модификацияланған тоқыма материалдары

жұқпалы аурулардың таралу қаупі жоғары жерлерде: қоғамдық тамақтану кәсіпорындарында, ауыл шаруашылығы және мал шаруашылығы үй-жайларында, балалар, спорттық және медициналық мекемелерде профилактикалық микробқа қарсы қорғаныс құралдары ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Букина, Ю.А. Получение антибактериальных текстильных материалов на основе наночастиц серебра посредством модификации поверхности текстиля неравновесной низкотемпературной плазмой [Текст] / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 7 (15) – С. 125-128.
2. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak S.E. Shape- controlled synthesis of metal nanocrystals: simple chemistry meets complex physics? // Angewandte Chemie International Edition, 2009. Vol. 48, No. 1. P. 60-103.
3. Haji A., Barani H., Qavamnia S.S. In situ synthesis and loading of silver nanoparticles on cotton fabric // Industria Textila, 2013. Vol. 64, No. 1. P. 8-12.
4. Parham S., Nemati M., Sadir S., Bagherbaigi S., Wicaksono D.H., Nur H. In situ synthesis of silver nanoparticles for Ag- NP/cotton nanocomposite and its bactericidal effect // Journal of the Chinese Chemical Society, 2017. Vol. 64, No. 11. P. 1286-1293.
5. Петрова, Л.С. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств [Текст] / Л.С. Петрова, А.А. Липина, А.О. Зайцева, О.И. Одинцова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 6. – С. 105-109.
6. Vigneshwaran N., Kumar S., Kathe A.A., Varadarajan P.V., Prasad V. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide–soluble starch nanocomposites // Nanotechnology, 2006. Vol. 17, No. 20. P. 5087.
7. Ding X., Yu M., Wang Z., Zhang B., Li L., Li J. A promising clean way to textile colouration: cotton fabric covalently-bonded with carbon black, cobalt blue, cobalt green, and iron oxide red nanoparticles // Green chemistry, 2019. Vol. 21, No. 24. P. 6611-6621.
8. Ahmed H.B. Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver leverage on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // Carbohydrate polymers, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
9. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić, M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // Industria Textilă, 2013. Vol. 64, No. 2. P. 89-97.
10. Rehan M., Mashaly H.M., Mowafi S., Abou El-Kheir A., Emam, H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // Dyes and Pigments, 2015. Vol. 118. P. 9-17.
11. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // Fibers and Polymers, 2016. Vol. 17. P. 888-895.
12. Doer R., Bergner W. Zur Oligodinamie des Silbers // Biochem. Zeitschr N, 1922. Vol. 131. P. 351-356.
13. Shulgina T.A., Norkin I.A., Puchinan D.M. Antibacterial effect of aqueous dispersions of silver nanoparticles on the gram-negative microorganisms (on example of Escherichia coli) // Fundamental Research, 2012. No. 7. P. 424-426.
14. Киселева, А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра [Текст] / А.Ю. Киселева, И.А. Шушина, О.В. Козлова, Ф.Ю. Телегин // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 12. – № 2. – С. 110-112.

15. Довнар, Р.И. Антибактериальный и противогрибковый эффект перевязочного материала, содержащего наночастицы серебра [Текст] / Р.И. Довнар, С.М. Смотрин, А.Ю. Васильков, А.И. Жмакин // Новости хирургии. – 2010. – Т. 18. – № 6. – С. 3-11.
16. Abramson J.J. Trimm J.L., Weden L., Salama G. Heavy metals induce rapid calcium release from sarcoplasmic reticulum vesicles isolated from skeletal muscle // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1983. Vol. 80, No. 6. P. 1526-1530.

Материал редакцияға 18.05.24 түсті.

А.К. Абсаллимова[1], Н.Е. Ботабаев[1], А.К. Бектурсунова[1], М.Н. Еркебай[2]

[1]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова, г Шымкент, Казахстан
[2]Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕКСТИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Особые свойства наночастиц серебра, обусловленные высоким соотношением поверхности к объему, определяют высокую эффективность их действия. Ионы серебра, поглощенные клеточной мембраной микроорганизмов, нарушают некоторые его функции, но жизнеспособность клеток сохраняется. Механизм действия ионов серебра на клетки микроорганизмов следующий: ионы серебра поглощаются мембраной клетки микроорганизмов, из-за чего клетка продолжает свою жизнедеятельность, но некоторые функции, такие как бактериостатическое действие, нарушаются. Проведенные исследования показывают, что восприимчивость различных патогенных и непатогенных организмов к ионам серебра неоднородна. использование изделий из текстильных материалов, модифицированных наночастицами серебра, позволяет достичь различных эффектов терморегуляции человеческого тела, повышает эффективность работы кислородно-транспортной системы организма, поддерживает водно-жировой баланс, улучшает работу иммунной системы, обмен веществ и регенерацию клеток. Текстильные материалы, модифицированные наночастицами серебра, могут использоваться в местах повышенного риска распространения инфекционных заболеваний: на предприятиях общественного питания, в сельскохозяйственных и животноводческих помещениях, в детских, спортивных и медицинских учреждениях в качестве профилактических противомикробных средств защиты.

Ключевые слова: клетка, микроорганизм, патогенный, обеззараживающий, биоцидное свойство.

A.K. Absalyamova[1], N.E. Botabaev[1], A.K. Bektursunova[1], M.N. Yerkebai[2]

[1]M. Auezov south Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan
[2]Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF THE SILVER NANOPARTICLES AND APPLICATION IN TEXTILE PRODUCTION

Abstract. The special properties of silver nanoparticles, due to the high surface-to-volume ratio, determine the high efficiency of their action. Silver ions absorbed by the cell membrane of microorganisms disrupt some of its functions, but the viability of cells is

preserved. The mechanism of action of silver ions on microbial cells is as follows: silver ions are absorbed by the membrane of the microbial cell, which is why the cell continues its vital activity, but some functions, such as bacteriostatic action, are disrupted. The conducted studies show that the susceptibility of various pathogenic and non-pathogenic organisms to silver ions is heterogeneous. the use of textile materials modified with silver nanoparticles makes it possible to achieve various effects of thermoregulation of the human body, increases the efficiency of the oxygen transport system of the body, maintains the water-fat balance, improves the immune system, metabolism and cell regeneration. Textile materials modified with silver nanoparticles can be used in places of increased risk of the spread of infectious diseases: in catering establishments, in agricultural and livestock premises, in children's, sports and medical institutions as preventive antimicrobial protective agents.

Keywords: cell, microorganism, pathogenic, disinfecting, biocidal property.

References

1. Bukina YU.A., Sergeyeva Ye.A. Polucheniye antibakterial'nykh tekstil'nykh materialov na osnove nanochastits serebra posredstvom modifikatsii poverkhnosti tekstilya neravnovesnoy nizkotemperaturnoy plazmoy [Obtaining antibacterial textile materials based on silver nanoparticles by modifying the textile surface with nonequilibrium low-temperature plasma] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University], 2012. No. 7(15). P. 125-128, [in Russian].
2. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak S.E. Shape-controlled synthesis of metal nanocrystals: simple chemistry meets complex physics? // Angewandte Chemie International Edition, 2009. Vol. 48, No. 1. P. 60-103.
3. Haji A., Barani H., Qavamnia S.S. In situ synthesis and loading of silver nanoparticles on cotton fabric // Industria Textila, 2013. Vol. 64, No. 1. P. 8-12.
4. Parham S., Nemati M., Sadir S., Bagherbaigi S., Wicaksono D.H., Nur H. In situ synthesis of silver nanoparticles for Ag-NP/cotton nanocomposite and its bactericidal effect // Journal of the Chinese Chemical Society, 2017. Vol. 64, No. 11. P. 1286-1293.
5. Petrova L.S., Lipina A.A., Zaytseva A.O., Odintsova O.I. Ispol'zovaniye nanochastits serebra dlya pridaniya tekstil'nym materialam bakteritsidnykh svoystv [Use of silver nanoparticles to impart bactericidal properties to textile materials] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry], 2018. No. 6. P. 105-109, [in Russian].
6. Vigneshwaran N., Kumar S., Kathe A.A., Varadarajan P.V., Prasad V. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide–soluble starch nanocomposites // Nanotechnology, 2006. Vol. 17, No. 20. P. 5087.
7. Ding X., Yu M., Wang Z., Zhang B., Li L., Li J. A promising clean way to textile colouration: cotton fabric covalently-bonded with carbon black, cobalt blue, cobalt green, and iron oxide red nanoparticles // Green chemistry, 2019. Vol. 21, No. 24. P. 6611-6621.
8. Ahmed H.B. Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver leverage on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // Carbohydrate polymers, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
9. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić, M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // Industria Textilă, 2013. Vol. 64, No. 2. P. 89-97.
10. Rehan M., Mashaly H.M., Mowafi S., Abou El-Kheir A., Emam, H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // Dyes and Pigments, 2015. Vol. 118. P. 9-17.

11. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // Fibers and Polymers, 2016. Vol. 17. P. 888-895.
12. Doer R., Bergner W. Zur Oligodinamie des Silbers // Biochem. Zeitschr N, 1922. Vol. 131. P. 351-356.
13. Shulgina T.A., Norkin I.A., Puchinan D.M. Antibacterial effect of aqueous dispersions of silver nanoparticles on the gram-negative microorganisms (on example of Escherichia coli) // Fundamental Research, 2012. No. 7. P. 424-426.
14. Kiseleva A.YU., Shushina I.A., Kozlova O.V., Telegin F.YU. Bakteritsidnyye tekstil'nyye materialy na osnove biologicheski aktivnykh preparatov i nanoserebra [Bactericidal textile materials based on biologically active preparations and nanosilver] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Technology of light industry], 2011. Vol. 12. No. 2. P. 110-112, [in Russian].
15. Dovnar R.I., Smotrin S.M., Vasil'kov A.YU., Zhmakin A.I. Antibakterial'nyy i protivogribkovyy effekt perevyazochnogo materiala, soderzhashchego nanochastitsy serebra [Antibacterial and antifungal effect of dressing material containing silver nanoparticles] // Novosti khirurgii [News of surgery], 2010. Vol. 18. No. 6. P. 3-11, [in Russian].
16. Abramson J.J. Trimm J.L., Weden L., Salama G. Heavy metals induce rapid calcium release from sarcoplasmic reticulum vesicles isolated from skeletal muscle // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1983. Vol. 80, No. 6. P. 1526-1530.

IRSTI 64.29.81

Zh.K. Borkulakova[1]– *main author,*
M.Sh. Shardarbek[2], M.U. Ilkhamova[3],
B.K. Mazhihanova[4], R.T. Kauymbaev[5]

[1,4]PhD student, [2]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, [3]PhD, Associate Professor, [5]PhD

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-5382-9064 [2]https://orcid.org/0000-0002-9787-5684*
[4]https://orcid.org/0009-0009-3967-1665 [5]https://orcid.org/0000-0003-4266-342X

[1,2,4]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
[3]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

@ *[1]janebklk@gmail.com*

©

https://doi.org/10.55956/CGKR6162

A RESEARCH ON THE AIR PERMEABILITY OF NEEDLE-PUNCHED NONWOVENS MADE FROM SHEEP WOOL FIBERS

Abstract. Air permeability is one of the important properties affecting the quality of insulation materials. This property is related to the passage of air through the fabric. This article presents the method of measuring airflow resistance according to Frazier. And also the dependence of air permeability index on such parameters as: density and thickness is given. Insulating mats made by needle-punching method from coarse and semi-coarse wool of Kazakhstani sheep breeds were used in the work. The main parameters of mats were determined: thickness, density, air permeability. It is established that 4-layer mats with density of 600 rpm have the lowest value of air permeability.

Keywords: nonwoven material, air permeability, wool, needle-punched material, density, waste, bio-insulation material, animal by-products.

Borkulakova Zh.K., Shardarbek M.Sh., Ilkhamova M.U., Mazhihanova B.K., Kauymbaev R.T. A research on the air permeability of needle-punched nonwovens made from sheep wool fibers // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.353-359. https://doi.org/10.55956/CGKR6162

Introduction. Wool is an environmentally friendly, renewable material suitable for many applications. Today, wool is also used in the construction industry, as it has properties that provide good thermal and acoustic insulation. Wool insulation materials with the addition of various blends can be produced as mats, batts, or panels and used to insulate roofs, walls, and ceilings [1-4]. Such materials can be produced by different technologies, with different compositions and characteristics.

The fundamental parameters of thermal insulation materials are the characteristics determined by their physical, mechanical and chemical properties. And the key characteristic in choosing the type of thermal insulation is thermal conductivity, the value of which for thermal insulation materials should be less than 0.065 W/mK [5]. In turn, when assessing the quality of insulation materials, measurements of properties such as: density, thermal conductivity, air permeability, water absorption, moisture, sorption moisture, compressibility, strength are carried out.

Air permeability is the property of a material to allow air to pass through. This parameter is measured using the Frazier test method in accordance with standard test methods such as ASTM D737 and DIN 53887 [6], GOST ISO 9237-2013 [7]. It is determined by the airflow passed through the unit air area of the sample per unit time at a specified differential pressure, usually about 200 Pa, and is characterised by the air permeability coefficient. The air permeability parameter for insulation materials should correspond to low values. Tang et al [8] presented different airflow measurement methods: direct airflow method, alternating airflow method and acoustical method. It was established that these methods are based on parameters such as density, fibre diameter, porosity and thickness. Thus, the air permeability of nonwovens depends mainly on the density of the nonwoven material.

Mendrek et al [9] studied basic parameters of materials from Polish sheep wool. Two felts with different thicknesses – 9.9 and 19.5 mm – were obtained for the experiment. The surface density of the 19.5 mm felt was higher and the air permeability was twice lower. Thus, the following relationship was established: the increase in fabric thickness and surface density led to a decrease in air permeability, this in turn affects the increase in the path length of the sound wave passing through the material.

Kicińska-Jakubowska A. et al. [10] determined the main parameters of mats: thickness, surface density and air permeability. Insulating materials with different content of wool and linen made by needle-punching method were used. The air permeability of the mats was tested at a pressure of 200 kPa. The air permeability values of the tested samples increased as the wool content increased, and reached 2539 mm/s. Thus it was found that mats with higher bast fibre content have a greater ability to absorb sound, while mats with higher wool content have better thermal insulation properties.

Thus, the literature review shows that air permeability is one of the indices necessary in the study of insulating properties of nonwovens.

This paper presents a comparative characterisation of 6 samples of nonwoven materials and the dependence of air permeability on density. The studied samples were made of 100% coarse and semi-coarse wool of Kazakhstan sheep breeds by needle-punching method.

Materials and methods. Six samples of sheep wool nonwoven fabric obtained by needle-punching were analysed (Fig. 1.). The samples differed in the number of layers, thickness and density. The materials were obtained from 100% coarse and semi-coarse wool of fat-tailed and “Bayys” (Kazakh fat-tailed semi-woolly breed) sheep breeds, provided by IP “Miras”.



Fig. 1. Samples of nonwoven materials

Sample 1. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light. Number of layers 1. Frequency of punching 600 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

Sample 2. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light and coarse wool of fat-tailed sheep breed, dark. Number of layers 3. Frequency of punching 600 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

Sample 3. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light and coarse wool of fat-tailed sheep breed, dark. Number of layers 4. Frequency of punching 600 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

Sample 4. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light. Number of layers 2. Frequency of punching 500 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

Sample 5. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light and coarse wool of fat-tailed sheep breed, dark. Number of layers 3. Frequency of punching 500 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

Sample 6. Fibre composition: semi-coarse wool of “Bayys” sheep breed, light and coarse wool of fat-tailed sheep breed, dark. Number of layers 4. Frequency of punching 500 rpm . Needle punching depth 12-13 mm.

The following parameters were determined to calculate the density: length, width and thickness of samples.

The formula is used to determine the density (g/cm^3) of wool nonwovens:

$$J = \frac{m_п}{V} \quad (1)$$

where: $m_П$ – sample mass, g; V – sample volume, cm^3.

The volume of the sample (cm^3) is calculated according to the formula:

$$V = l \cdot b \cdot a \quad (2)$$

where: l – length, cm; b – width, cm; a – thickness, cm.

Air permeability was carried out in accordance with GOST ISO 9237-2013 “Textile materials. Method for determination of air permeability”. The tests were carried out using the Air Permeability Tester MT 160 by “Metrotex” (Fig. 2).



Fig. 2. Air permeability tester MT 160

Research results and discussion. The air permeability values of the samples were analysed as a function of density and number of layers (Table 1).

Table 1

Air permeability index of the samples

Number of the sample	Density, g/cm^3	Number of layers	Air permeability, dm^3/(m^{2}s)
1	0.11	1	2854.61
2	0.14	3	1241.98
3	0.15	4	554.66
4	0.11	2	2130.96
5	0.12	3	1114.39
6	0.13	4	963.66

The thickness of the tested samples was in the range of 3-10 mm. Sample 1 consisting of 1 layer was the thinnest. The density of the mats was in the range of 0.11-0.15 g/cm^3. The lowest density was characterised by samples 1, 4. The air permeability values of the evaporated mats were in the range of 554.66-2854.61 dm^3/m^{2}s. The lowest air permeability was shown by sample 3. As the number of layers and punching density increased, the air permeability decreased.

The relationship between air permeability and material density for the analysed samples is shown in Figure 3. This relationship shows that the denser the nonwoven material, the lower the air permeability value (Fig. 3.). This is due to the fact that a dense structure prevents the passage of air.

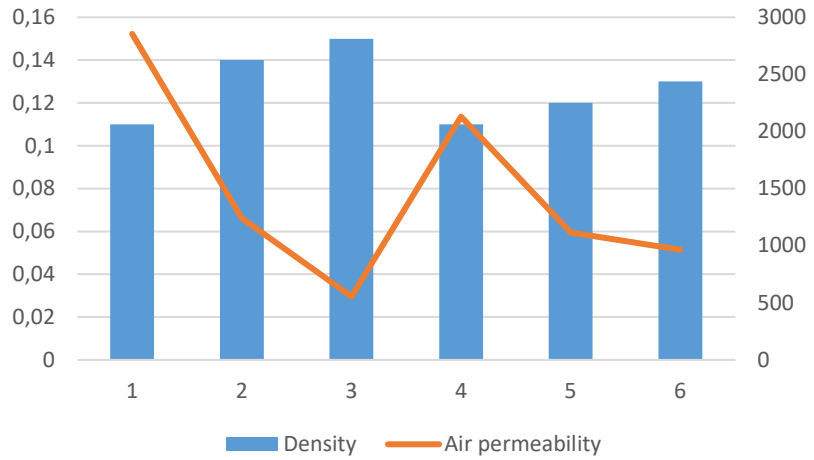


Fig. 3. Analysis of air permeability characteristics of sheep wool insulation materials depending on density

Figure 4 shows the relationship between the air permeability index and the number of layers of the tested specimens. The air permeability index for the samples with more layers and higher punching density is low. This is due to the fact that these materials were denser than samples with a punching density of 500 rpm.

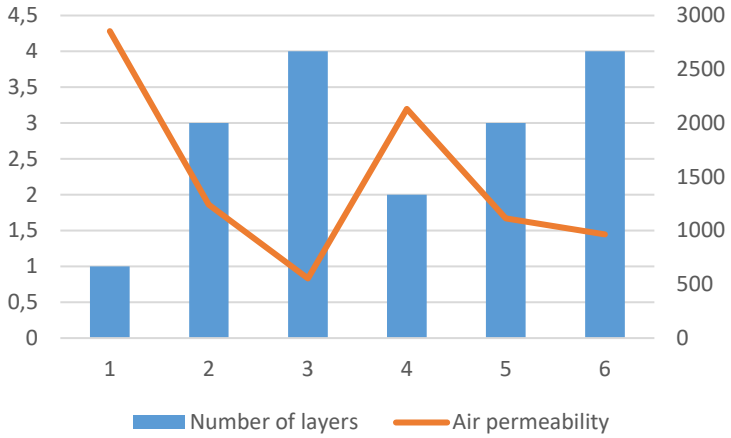


Fig. 4. Analysis of air permeability characteristics of sheep wool insulation materials depending on the number of layers

The air permeability of samples 2, 3 and 6 is the lowest, which is optimal for thermal insulation. According to literature [11], material thickness and air permeability also affect the sound absorption coefficient.

Comparing the obtained test results, it can be concluded that the air permeability of the materials will depend on the material density, the value of which is influenced by such parameters as: number of layers (indirectly), punching density.

Conclusion. In this study, nonwoven mats made of sheep wool from Kazakhstani coarse wool and semi-coarse wool breeds of sheep obtained by needle-punching method without the use of binders. Coarse wool is often considered as a by-product of animal husbandry. However, based on other studies and on the results of this work, it can be concluded that coarse wool can act as a valuable raw material in the production of insulation materials.

By analysing the properties of all six samples, it was shown that the mats with the highest density and number of layers, as well as with a higher punching density, have better insulation properties, i.e. they have low air permeability.

The average density of a material mainly depends on its porosity, at the same time porosity is the main factor on which the thermal conductivity of the material depends, so indirectly, by the value of the average density, it is possible to judge the effectiveness of the thermal insulation properties of the material. The lower the average density of the material, the more pores there are in it and the lower its thermal conductivity.

References

1. Bosia D., Savio L., Thiebat F., Patrucco A., Fantucci S., Piccablotto G., Marino D. Sheep wool for sustainable architecture // Energy Procedia, 2015. Vol. 78. P. 315-320.
2. Corscadden K.W., Biggs J.N., Stiles D.K. Sheep's wool insulation: A sustainable alternative use for a renewable resource? // Resources, Conservation and Recycling, 2014. Vol. 86. P. 9-15.
3. Patnaik A., Mvubu M., Muniyasamy S., Botha A., Anandjiwala R.D. Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies // Energy and buildings, 2015. Vol. 92. P. 161-169.

4. Tămaş-Gavrea D.R., Dénes T.O., Iştoan R., Tiuc A.E., Manea D.L., Vasile O. A novel acoustic sandwich panel based on sheep wool // Coatings, 2020. Vol. 10, No. 2. P. 148.
5. Shafiqul Islam, Gajanan Bhat Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles // Journal of Environmental Management, 2019. Vol. 251. P. 109536.
6. Cook J., Kritzer P. Secondary batteries – nickel systems // Alkaline Battery Separators, 2009. – 424-451 p.
7. GOST ISO 9237-2013 Materialy tekstil'nyye. Metod opredeleniya vozdukhopronitsayemosti [Textile materials. Method for determination of air permeability]. – Introduced 01.07.2014. – Moscow: Standardinform, 2016. – 7 p., [in Russian].
8. Tang X., Yan X. Airflow resistance of acoustical fibrous materials: Measurements, calculations and applications // Journal of Industrial Textiles, 2020. Vol. 49, No. 8. P. 981-1010.
9. Kobiela-Mendrek K. et al. Acoustic performance of sound absorbing materials produced from wool of local mountain sheep // Materials, 2022. Vol. 15, No. 9. P. 3139.
10. Kicińska-Jakubowska A. et al. Effect of Blend Composition on Barrier Properties of Insulating Mats Produced from Local Wool and Waste Bast Fibres // Materials, 2023. Vol. 16, No. 1. P. 459.
11. Witczak E., Jasińska I., Lao M., Krawczyńska I., Kamińska I. The influence of structural parameters of acoustic panels textile fronts on their sound absorption properties // Applied Acoustics, 2021. Vol. 178. P. 107964.

Material received on 20.05.24.

Ж.К. Боркулакова[1], М.Ш. Шардарбек[1], М.У. Илхамова[2], Б.К. Мажиханова[1], Р.Т. Кауымбаев[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан

ҚОЙ ЖҮНІНЕН ЖАСАЛҒАН ИНЕТЕСІМДІ БЕЙМАТА МАТЕРИАЛДАРДЫҢ АУА ӨТКІЗГІШТІК ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ауа өткізгіштік – оқшаулағыш материалдардың сапасына әсер ететін маңызды қасиеттердің бірі. Бұл қасиет ауаның мата арқылы өтуіне байланысты. Мақалада Фразер бойынша ауа ағынының кедергісін өлшеу әдісі келтірілген. Сондай-ақ, ауа өткізгіштік көрсеткішінің тығыздық пен қалыңдық сияқты параметрлерге тәуелділігі келтірілген. Жұмыста қазақстандық қой тұқымдарының өрескел және жартылай өрескел жүнінен инемен тесу әдісімен жасалған жылу оқшаулағыш материалдар пайдаланылды. Кілемшелердің негізгі параметрлері анықталды: қалыңдығы, тығыздығы, ауа өткізгіштік қабілеті. Иненің тығыздығы 600 айн/мин болатын 4 қабатты материалдар ауа өткізгіштіктің ең төменгі мәніне ие екендігі анықталды.

Тірек сөздер: беймата, ауа өткізгіштік, жүн, инетесімді материал, тығыздық, қалдықтар, биоқшаулағыш материал.

Ж.К. Боркулакова[1], М.Ш. Шардарбек[1], М.У. Илхамова[2], Б.К. Мажиханова[1], Р.Т. Кауымбаев[1]

[1]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Узбекистан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ИГЛОПРОБИВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВОЛОКОН ОВЕЧЬЕЙ ШЕРСТИ

Аннотация. Воздухопроницаемость - одно из важных свойств, влияющих на качество изоляционных материалов. Это свойство связано с прохождением воздуха через ткань. В данной статье представлен метод измерения сопротивления воздушному потоку по Фразеру. А также приведена зависимость показателя воздухопроницаемости от таких параметров, как плотность и толщина. В работе использовались теплоизоляционные маты, изготовленные иглопробивным способом из грубой и полугрубой шерсти казахстанских пород овец. Определены основные параметры матов: толщина, плотность, воздухопроницаемость. Установлено, что наименьшим значением воздухопроницаемости обладают 4-слойные маты с плотностью иглопрокалывания 600 об/мин.

Ключевые слова: нетканый материал, воздухопроницаемость, шерсть, иглопробивной материал, плотность, отходы, биоизоляционный материал.

IRSTI 64.29.23

S.Sh. Sabyrkhanova[1] – *main author*, **G.K. Yeldiyar[2], B. Abzalbekuly[3]**

[1,2,3]PhD

[1]https://orcid.org/0000-0002-7665-0099 [2]https://orcid.org/0000-0002-7459-0870
[3]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388

[1,2]M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
[3]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

[1]sveta577@mail.ru

https://doi.org/10.55956/AITD1583

OVERVIEW OF PLANT EXTRACTS FROM THE FLORA OF THE KAZAKHSTAN FOR DYEING AND PRINTING TEXTILE MATERIALS

Abstract. The use of natural raw materials in the process of production and sale of textiles represents such a promising direction, which is based on the principles of environmental sustainability, innovation and quality. The results of research show that rare extracts have a potential for application in textile industry not only for painting, but also for application of unique properties and design of textile materials, as well as environmental improvement characteristic production of textiles, reduction of the average volume and increase the price of finished products in the eyes of buyers.

Currently, attention is paid to environmentally friendly and sustainable methods of dyeing and printing textile materials. In the Republic of Kazakhstan, interest in dyes obtained from plant extracts for dyeing and printing textiles has become an urgent problem, as the preservation and efficient use of natural resources is a priority task. This work is aimed at analyzing the main types of flora of Kazakhstan, their characteristics, possible advantages and limitations, and at understanding the possibilities and prospects of using plant extracts in the textile industry, studying the potential.

Keywords: textiles, natural materials, functional properties, biodiversity, natural flora, synthetic materials.

Sabyrkhanova S.Sh., Yeldiyar G.K., Abzalbekuly B. Overview of plant extracts from the flora of the Kazakhstan for dyeing and printing textile materials // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.360-368. https://doi.org/10.55956/AITD1583

Introduction. Chemical bonds in natural dyes not only fight the known type of disease, but can also strengthen the general state of health and have preventive properties [1]. Also, plants from which this coloring substance is obtained can undergo changes under the influence of the type, place of growth, Time, season, harvest time, drying conditions and other factors [2,3]. In this regard, the use of natural dyes with improved properties in the development of dyeing technology for textile materials is an urgent problem. The combination of colors, high color stability in museum textiles and fabrics found in archaeological excavations indicate the advantage of natural dyes. From the research of many scientists, it is known that the

technological properties of these dyes can be changed, improved by transformation [4,5].

The properties of a textile material depend on their intended purpose, the properties of textile fibers, threads, structure, method of fabric production and finishing. It is important to improve the properties in the finishing process of textile materials [6]. One of the ways to improve the properties of textile materials is its coloring. In recent years, interest in natural dyes that do not contain artificial and synthetic components has increased due to their safety and hypoallergenic properties. Regarding the above-mentioned information, one of the types of this direction may be the development of technology for dyeing textile materials with natural dyes obtained from vegetable raw materials. [7].

From the point of view of ecology and green technology, all dyes can be divided into two large groups: natural (organic and mineral) and synthetic. All natural dyes of organic nature are absolutely harmless, biodegradable and, moreover, many of them exhibit biocidal and medicinal properties. They are friendly to nature. Currently, there is a revival of natural dyes of organic nature. The raw materials for these dyes are various colored plants (leaves, flowers, bark, roots), seaweed of various colors (green, brown, red).

The growth of environmental awareness is causing a surge of interest in natural textiles dyed with natural sources of dyes. Sustainable or environmentally friendly products are a key concern of the modern consumer. Sustainable products tend to be constantly growing in the market. Various efforts have been generalized to respond to this trend, including the use of natural dyes and natural fibers [8].

Materials and methods. The emergence of synthetic dyes in the textile industry has caused the displacement of natural dyes. Research scientists are increasingly interested in alternative methods of dyeing and printing textiles, including the use of plant extracts, in pursuit of sustainable development and environmental responsibility. From numerous research papers, it can be seen that the use of synthetic dye types in the production of textile materials leads to environmental pollution [9-11].

At the same time, high energy and chemical costs in the recycling of waste from the production of dyeing textiles are a big problem for enterprises. Due to the use of various synthetic dyes in the textile industry, a very large amount of toxic substances can be released into the environment [7, 12]. It has been studied that an average of 70-150 liters of water, 0.6 kilograms of sodium chloride and about 40 grams of reactive dye are required to dye 1 kilogram of cotton fabric [13]. But, from the point of view of ecology, active (reactive) dyes are the most harmful dyes. This is because the author reported in his research that wastewater from active dyes contains a large amount of chloride or sodium sulfate, residues of hydrolyzed dyes, a significant amount of alkali and insoluble particles such as cotton fibers [14].

The development of an environmentally friendly technology for dyeing textiles for various purposes, reducing the harmfulness of technological processes is carried out using paint obtained from natural plants. Researchers have shown prospects for the use of natural dyes obtained from plant raw materials [15]. This is due to a number of factors, primarily the environmental safety of such dyes [16, 17]. Dyes from plants are biodegradable and harmless to the environment, in addition, many of their types have antibacterial and healing properties[1, 4, 5, 16, 18-21].

The comparative advantages of natural dyes over synthetic dyes the abundance of plant raw materials and the possibilities of using natural dyes in agricultural processing, light and food industries determine the purpose of the development of processing technology. This issue is relevant for Kazakhstan, which

has significant dye plant resources, as it does not have opportunities for the development of the industry for the production of expensive synthetic dyes. The use of natural plant dyes is also beneficial for folk traditional industry. Creating a large natural dye industry is not cost-effective. But, due to the fact that natural dyes have environmentally friendly, safe, useful biologically active properties, maximum environmental friendliness of materials, it is very useful to use them in the production of clothing for patients, especially in the production of children's clothing, shoes and other items, including children's toys, with high allergic sensitivity. As experts note, it is profitable to create a small enterprise for the production of targeted natural dyes [18]. Small-scale production does not require complex expensive devices and highly qualified personnel, and large-scale costs. The creation of small-scale production is especially important for the development of traditional national culture. Such industries can produce highly artistic products that create an opportunity to preserve traditional culture.

The hygienic properties of the product can be improved by using natural dyes in the light and textile industries [22]. Some phytopreparations have a high effect relative to the extended therapeutic effect. But, many medicinal plants have not been sufficiently studied in terms of pharmacological and chemical composition. For this purpose, the structure of textile materials when dyed with various natural dyes was studied using IR-spectral research methods [23]. Plant extracts are most often natural pigments obtained from various plants, such as IndiGo, nettle, saffron, walnut, etc. These mentioned natural plant extracts, due to their broad spectrum shades, can be used both for dyeing and for printing textiles. Due to the biodegradability and non-toxicity of plant extracts, they are environmentally friendly compared to chemical dyes. This corresponds to the sustainable development strategy in Kazakhstan. These listed factors determine the importance of using plant extracts in the textile industry.

In general, plant extracts are a promising tool for the development of an environmentally sustainable textile industry in the Republic of Kazakhstan, that is, further research and development of technologies in the field of textile production can contribute to reducing the negative impact on the environment and creating high-quality textiles.

Plant species from the Republic of Kazakhstan and Central Asia have a huge potential for obtaining natural dyes. Its roots and leaves contain a rich set of pigments, including anthraquinones, flavonoids and carotenoids, which can give bright and diverse colors to textiles. The production of these dyes is relatively simple, that is, it can be achieved using environmentally friendly methods, such as extraction with water or using a solvent. Plant extracts are a renewable resource, and the processes of its cultivation and dye production have the least impact on the environment. It also has unique properties such as UV protection, antibacterial activity and antistatic properties that add value to textiles. The color palette includes a wide range of colors for different textile applications, from plant extracts. These dyes can be used in dyeing various textile fibers, including cotton, wool, silk, flax. It is especially well suited for natural textiles based on fiber, as they have a high affinity and compatibility with fiber coloring.

The world of colors is very diverse, there are a lot of color schemes. These ranges of colors can not only please the eye, but also be strong irritants. Plants with a significant content of coloring substances grow in hot climates, in Asia, Africa and America, and then spread to temperate countries. European countries received dyeing plants from hot countries, however, Europe also had its own plants traditionally used for dyeing, such as vida, mignonette, etc. [24] Some natural dyes from different plants have additional properties against foot mold and

microorganisms [25]. Studying the literature, you can come across facts that indicated that natural dyes were used to dye fabric in ancient times.Almost any pure fabric color can be given with the help of natural dyes, which are easy to find in nature. The ancient dyers made the most interesting discoveries in their craft, which allowed them, having at their disposal only a few dozen natural dyes, to obtain up to 800 colors and shades. They discovered the secret of the formation of colored "varnishes" - a way to obtain a variety of colors on fabric using salts of various metals (mordants, or mordants) and just one dye.

Studies conducted by various scientific groups have shown that the use of a wide range of combinations of mordants in various ratios gives a variety of shades and different results in color fastness [26]. Vegetable dyes and tanning agents differ from synthetic ones not only in environmental safety, but also in a number of other advantages. Unlike synthetic substances that are individually chemically structured, vegetable dyes are accompanied by a whole set of natural tanning, 4 coloring substances. The complex composition of the coloring agent allows you to get colorful artistic effects, which synthetic dyes cannot always give. Natural dyes and tanning agents allow you to give an original beautiful coloring to the textile material. Vegetable dyes are susceptible to biodegradation, and in some cases it is rational to use production waste as fertilizer on farmland. The production and use of vegetable dyes will require the creation of additional jobs in agriculture (cultivation, processing and collection of raw materials), textile and leather production, food and pharmaceutical industries.

It is obvious that it is economically unprofitable to create a large-scale production of natural dyes, but the recommendations under consideration for their use in areas where maximum environmental cleanliness of materials is important, such as the production of clothing for patients, especially with increased allergic sensitivity, clothing, shoes and other items for children, as well as exclusive textiles, leaves hope for development this industry [27].

The volume of research on expanding the range of plants that can be valuable as raw materials for the production of natural dyes is steadily growing. Asian scientists are working most actively and fruitfully in this direction. In recent years, such publications by domestic researchers have also begun to appear [25, 28, 29].

Attempts are being made to isolate coloring substances from increasingly large varieties of plants, primarily agricultural crops. An example would be various varieties of Chinese tea, extracts of which are dyed wool. There are publications devoted to the study of the possibility of using wood species of our climatic zone for dyeing textile materials. Thus, the paper presents the results of dyeing wool and nylon with extracts of oak bark or fir cones [30]. Let's highlight the monograph by professional English botanists John and Margaret Cannon [31], which provides information about 48 plants from around the world used to produce dyes for natural fibers, mainly wool and silk.

The work mentions only a small number of literary sources. Based on a brief overview of the research results and the practical use of natural dyes, it is already possible to get an idea of the current situation in this area and the prospects for its development. The dyeing plants of the Aktobe region were studied based on the analysis of their own long-term studies of the flora of the region. As a result of the analysis of the flora, 108 dye plants belonging to 71 genera and 36 families were identified. The study of the systematic diversity of dye plant species showed the predominance in the number of species of the subclasses Rosidae , Dilleniidae, Lamiidae, and among the families Rosaceae, Rubiaceae and Polygonaceae. The predominance in the number of species of such genera as Galium (13 species),

Polygonum, Tamarix, Geranium by 4 species has been established. The obvious dominance of polycarpic grasses in the spectrum of life forms of dye plants according to I. G. Serebryakov was revealed [32]. Polycarpics accounted for 47.2% of the dye plant species in the region. An analysis of the distribution of species by ecological groups showed the prevalence of the mesophilic group, which made up 61.1% of the total number of species [33].

The Republic of Kazakhstan has a great prospect for obtaining natural paints. The flora of Kazakhstan includes 68 species of tree species, 266 species of perennial herbaceous plants, 849 species of annual grasses. In total, there are over six thousand plant species in Kazakhstan, 515 of them are endemic. There are also 178 genera and 700 species of green algae known in Kazakhstan [34]. In Kazakhstan, there is 1 class of mosses – leaf-stalked; more than 400 species, 3 of them – smooth sphagnum, large-leaved pachyphissidene and smoothed orthotrichum – are listed in the Red Book of Kazakhstan.

The flora of any region is a complex, constantly changing system, so any compiled floral summary is able to reflect its state only at a given time. The flora of Kazakhstan includes more than 6,000 wild plants, but it is not yet possible to talk about the full study of the region. Most of the landscapes of Kazakhstan are represented by grassy steppes that stretch from the Volga in the west to the Altai Mountains in the east and from the plains of Western Siberia in the north to the deserts and oases of Central Asia in the south. Different climatic zones have caused a wide range of vegetation growing here. Most of the country is occupied by desert and semi-desert landscapes. But they are hardly lifeless. About 250 plant species have adapted to life in these regions, which at first glance seem unfavorable for the development of a diverse flora. The sandy expanses of Kazakhstan are home to sandy acacia, zhuzgun and ephedra cone-bearing. Relict plants such as Siberian wormwood and multi-rooted onion are also found here. In the mountainous regions merging with the steppe (in particular, in the Southern Altai), typical steppe vegetation is found, as well as various shrubs, including almonds, meadowsweet, and maikargan. Forests cover only 1.2% of the territory of Kazakhstan. But, despite the relatively small area, the forest expanses of the country are impressive with a variety of vegetation. In the mountains of Kazakhstan, covered with forests, spruce, maple, fir, walnuts grow. It is worth noting that only 5.5% of the entire territory of the country is covered with trees.

In Altai, pine and cedar forests predominate, and in the Dzungarian Alatau – fir and spruce forests, represented by Shrenka spruce. The expanses of Saur are mainly covered with deciduous forests. Apricot and apple orchards grow at the foot of the Tien Shan. The alpine vegetation of Kazakhstan is represented by alpine cornflowers and cobresia [35].

Conclusion. In conclusion, a review of plant extracts for dyeing and printing textile materials in the Republic of Kazakhstan highlights their significant potential in the context of sustainable development of the textile industry. Plant extracts are an effective alternative to chemical dyes, while having a number of advantages such as environmental safety, biodegradability and potential positive properties for human health. However, in order to maximize the benefits of plant extracts, it is necessary to continue research in this area, develop technologies and methods of their application, as well as improve production processes. In addition, it is important to carry out information work among textile manufacturers and consumers in order to raise awareness of environmentally friendly alternatives and stimulate demand for them.

In general, the use of plant extracts in the textile industry of Kazakhstan is a promising area that contributes to the creation of a more sustainable and environmentally friendly production of textile materials in the country. Further efforts in this direction can make a significant contribution to achieving the goals of sustainable development and preserving the natural resources of the Republic of Kazakhstan.

References

1. Ebrahimi I., Parvinzadeh Gashti M. Extraction of juglone from Pterocarya fraxinifolia leaves for dyeing, anti- fungal finishing, and solar UV protection of wool // Coloration Technology, 2015. Vol. 131, No. 6. P. 451-457.
2. Tarasevich, B.N. IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soyedineniy [IR spectra of the main classes of organic compounds] / B.N. Tarasevich. – Moscow: Moscow State University, 2012, [in Russian].
3. Moros J., Garrigues S., de la Guardia M. Vibrational spectroscopy provides a green tool for multi-component analysis // TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2010. Vol. 29. No. 7. P. 578-591.
4. Chen C., Li M., Wang C., Fu S., Yan W., Chen C. Meta-mordant dyeing with camellia sinensis (L.) O. Ktze var. waldensae (SY Hu) Chang (yellow-bud tea) extract for wool fabrics treated by UV radiation // Fibers and Polymers, 2018. Vol. 19, No. 6. P. 1255-1265.
5. Narayan M.R. Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers // Renewable and sustainable energy reviews, 2012. Vol. 16. No. 1. P. 208-215.
6. Gavrilova O.Ye. Nikitina L.L., Garipova G.I. Novyye metody i podkhody k otdelke tekstil'nykh materialov iz polimernykh volokon [New methods and approaches to finishing textile materials from polymer fibers] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University], 2012. Vol. 15. No. 7. P. 118-120, [in Russian].
7. Kovtun L.G. Malankina Ye.L., Artamontseva L.V., Lyul'ko N.I. Vliyaniye protsessa krasheniya shersti prirodnymi krasitelyami na rastvorimost' sherstyanogo volokna v mochevino-gidrosul'fitnom i shchelochnom rastvorakh [Influence of the process of dyeing wool with natural dyes on the solubility of wool fiber in urea-hydrosulfite and alkaline solutions] // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti [echnology of the textile industry], 2007. No. 3. P. 298, [in Russian].
8. Ratnapandian S. Natural colorants and its recent developments // Sustainable technologies for fashion and textiles. – Woodhead Publishing, 2020. P. 189-208.
9. Rita Kant R.K. Textile dyeing industry an environmental hazard. – 2012.
10. Kulkarni S.S., Gokhale A.V., Bodake U.M., Pathade G.R.Cotton dyeing with natural dye extracted from pomegranate (Punica granatum) peel // Universal Journal of Environmental Research & Technology, 2011. Vol. 1, No. 2.
11. Samanta A.K., Agarwal P. Application of natural dyes on textiles // Indian Journal of Fibre & Textile Research, 2009. Vol. 34, No. 4. P. 384-399.
12. Neborakob O.YU. Khimicheskaya modifikatsiya i issledovaniye svoystv prirodnykh krasiteley rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Chemical modification and study of the properties of natural dyes of plant origin]: dissertation – Moscow State Textile University named after A.N. Kosygin, 2005, [in Russian].
13. Robinson T., McMullan G., Marchant R., Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative // Bioresource technology, 2001. Vol. 77, No. 3. P. 247-255.
14. Allègre C., Moulin P., Maisseu M., Charbit F. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents // Journal of membrane science, 2006. Vol. 269, No. 1-2. P. 15-34.
15. Saravanan P., Chandramohan G., Saivaraj S., Deepa D. Extraction and application of eco-friendly natural dye obtained from barks of Odina wodier L. on cotton fabric. – 2013.
16. Badanova R.R. Badanov I.K., Badanov K.I. Ustroystvo dlya realizatsii khimiko-tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti [Device for the implementation of chemical-technological processes in the textile industry] // Mekhanika i tekhnologii [Mechanics and Technology], 2014. No. 4. P. 24-30, [in Russian].

17. Badanov K.I. Kauymbayev R.T., Badanova R.R. Ustroystvo dlya zhidkostnoy obrabotki tekstil'nykh materialov [Device for liquid processing of textile materials] //A. s. 2007. No. 49741, [in Russian].
18. Krichevskiy G.Ye. Vozrozhdeniye prirodnykh krasiteley [Revival of natural dyes]. - Moscow: Publitprint, 2017. – 562 p., [in Russian].
19. Malatesti N., Munitic I., Jurak I. Porphyrin-based cationic amphiphilic photosensitisers as potential anticancer, antimicrobial and immunosuppressive agents // Biophysical reviews, 2017. Vol. 9, No. 2. P. 149-168.
20. Heinrich M. Quality and safety of herbal medical products: regulation and the need for quality assurance along the value chains // British Journal of Clinical Pharmacology, 2015. Vol. 80. No. 1. P. 62-66.
21. Fernández-Agulló A., Pereira E., Freire M.S., Valentão P., Andrade P.B., González-Álvarez J., Pereira J.A. Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (Juglans regia L.) green husk extracts // Industrial crops and products, 2013. Vol. 42. P. 126-132.
22. Sabyrkhanova S.SH. Bitlisli B.O., Yeldiyar G.K., Abzalbekuly B. Ik-spektroskopicheskiye issledovaniya struktur tekstil'nykh materialov s prirodnymi krasitelyami [IR spectroscopic studies of the structures of textile materials with natural dyes] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Almaty Technological University], 2022. No. 4. P. 174-179, [in Russian].
23. Kiselov A.M. Ekologicheskiye aspekty protsessov otdelki tekstil'nykh materialov [Ecological aspects of textile finishing processes] // Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal [Russian Chemical Journal], 2002. Vol. 46. No. 1. P. 20-30, [in Russian].
24. Semechkina Ye.V. Restavratsiya dvustoronney khorugvi "Spas Nerukotvornyy" iz Sol'vychegodskogo istoriko-khudozhestvennogo muzeya [Restoration of the double-sided banner "The Image of Christ Not Made by Hands" from the Solvychegodsk Historical and Art Museum] // Iskusstvo Yevrazii [Art of Eurasia], 2018. No. 4 (11). P. 227-239, [in Russian].
25. Sabyrkhanova S.S., Bitlisi B.O., Yeldiyar G.K. Comparative analysis of the market of the leading countries of the world and Kazakhstan for the production of textile materials used in the shoe industry // Tekhnologiya tekstilnoi promyshlennosti [Textile industry technology], 2022. T. 1. No. 397. P. 18-22.
26. Wisniak J. Dyes from antiquity to synthesis //Indian journal of history of science, 2004. Vol. 39, No. 1. P. 75-100.
27. Yaminzoda, YA.Z.A. Ikrami M.B., Olimboyzoda P.A. O perspektivnosti krasheniya tekstil'nykh materialov prirodnymi krasitelyami [On the prospects of dyeing textile materials with natural dyes] // Perspektivy razvitiya i primeneniya sovremennykh tekhnologiy [Prospects for the development and application of modern technologies], 2021. P. 15-20, [in Russian].
28. Sabyrkhanova S.S.H., Bitlisli O.B., Yeldiyar G.K. Dyeing the cotton with extract of onion peels, walnut shell and (Tanacetum) tansy // Izv Vysshikh Uchebnykh Zaved Seriya Teknol Tekst Promyshlennosti, 2022. Vol. 1, No. 397. P. 212-217.
29. Kovtun L.G. Malankina Ye.L. Primeneniye prirodnykh krasiteley dlya kolorirovaniya tekstil'nykh materialov [Application of natural dyes for coloring textile materials] //Tekstil'naya khimiya [Textile xhenistry], 1999. No. 1. P. 16, [in Russian].
30. Semak B.B. Semak Z.N., Galyk I.S. Krasheniye shersti i kapronovykh tkaney natural'nymi krasitelyami [Dyeing of wool and nylon fabrics with natural dyes] / B.B. Semak, // Tekst, prom. [Textile industry], 1994. No. 7-8. P. 43-45, [in Russian].
31. Cannon J., Cannon M. Dye plants and dyeing. – London: The Herbert Press, Ltd., 1994. – 128 p.
32. Serebryakov I.G. Morfologiya vegetativnykh organov vysshikh rasteniy [Morphology of vegetative organs of higher plants]. – 1952, [in Russian].
33. Aypeisova S.A. Utarbayeva N.A. Sistematicheskoye raznoobraziye krasil'nykh rasteniy flory aktyubinskoy oblasti [Systematic diversity of dye plants of the flora of the Aktobe region] // Journal of Agriculture and Environment, 2020. No. 2 (22), [in Russian].

34. Flora Kazakhstana [Electronic resource]. ¬ Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Flora Kazakhstana, [in Russian].
35. Plants of Kazakhstan [Electronic resource]. ¬ Access mode: http://world-of-adventures.ru/rasteniya-kazaxstana, [in Russian].

This article has been prepared at the SKU named after M. AUEZOV, in the framework ERASMUS + project REILEAP –Reinforcing capacities of HEIs for leather and leather products in UZBEKISTAN –KAZAKHSTAN (618930-EPP – 1-2020- 1 – EPPKA2 –CBHE-JP.

Material received on 24.05.24.

С.Ш. Сабырханова[1], Г.К. Елдияр[1], Б. Абзалбекұлы[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫН БОЯУҒА ЖӘНЕ БАСЫП ШЫҒАРУҒА АРНАЛҒАН ҚАЗАҚСТАН ФЛОРАСЫНАН АЛЫНҒАН ӨСІМДІК СЫҒЫНДЫЛАРЫНА ШОЛУ

Аңдатпа. Тоқыма бұйымдарын өндіру және әрлеу процесінде табиғи өсімдік сығындыларын пайдалану экологиялық тұрақтылық, инновация және сапа принциптерін біріктіретін перспективалы бағыт болып табылады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, өсімдік сығындылары тоқыма өнеркәсібінде бояу құралы ретінде ғана емес, сонымен қатар тоқыма материалдарына бірегей қасиеттер мен дизайн беру құралы ретінде де қолдану мүмкіндігіне ие. Сонымен қатар тоқыма өндірісінің экологиялық сипаттамаларын жақсартуға, қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға және тұтынушылардың көз алдында түпкілікті өнімнің құндылығын арттыруға ықпал етеді.

Қазіргі уақытта текстиль материалдарын бояудың және басып шығарудың экологиялық таза және тұрақты әдістеріне көңіл бөлініп жатыр. Қазақстан Республикасында да табиғи ресурстарды сақтау және тиімді пайдалану басым міндет болып табылатын болғандықтан текстильді бояу және басып шығару үшін өсімдік сығындыларынан алынған бояғыштарға қызығушылық өзекті мәселеге айналды. Бұл жұмыс Қазақстанның флорасының негізгі түрлерін, олардың сипаттамаларын, ықтимал артықшылықтары мен шектеулерін талдауға және тоқыма өнеркәсібінде өсімдік сығындыларын қолдану мүмкіндіктері мен перспективаларын түсінуге, әлеуетін зерттеуге бағытталған.

Тірек сөздер: тоқыма, табиғи бояғыштар, функционалдық қасиеттері, биологиялық ыдырауы, отандық флора, синтетикалық бояғыштар.

С.Ш. Сабырханова[1], Г.К. Елдияр[1], Б. Абзалбекұлы[2]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ОБЗОР РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ФЛОРЫ КАЗАХСТАНА ДЛЯ КРАШЕНИЯ И ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Использование натуральных растительных экстрактов в процессе выработки и отделки текстиля представляет собой перспективное направление, сочетающее в себе принципы экологической устойчивости, инноваций и качества. Результаты исследования показывают, что растительные экстракты обладают потенциалом для применения в текстильной промышленности не только как средство

окрашивания, но и как средство для придания уникальных свойств и дизайна текстильным материалам а также способствуют улучшению экологических характеристик производства текстиля, снижению вредного воздействия на окружающую среду и повышению ценности конечного продукта в глазах потребителей.

В настоящее время уделяется внимание экологически чистым и устойчивым методам окрашивания и печати текстильных материалов. В связи с тем, что сохранение и эффективное использование природных ресурсов является приоритетной задачей и в Республике Казахстан, актуальным вопросом стал интерес к красителям, полученным из растительных экстрактов для текстильной окраски и печати. Данная работа направлена на анализ основных видов флоры Казахстана, их характеристик, потенциальных преимуществ и ограничений, понимание возможностей и перспектив применения растительных экстрактов в текстильной промышленности, исследование потенциала.

Ключевые слова: текстиль, природные красители, функциональные свойства, биоразлагаемость, отечественная флора, синтетические красители.

IRSTI 64.29.15

A.B. Zhambylbay[1] – *main author,*
O.Sh. Sarimsakov[2], B.M. Mardanov[3], A.A. Yeshzhanov[4]

[1]PhD student, [2]Doctor of Technical Sciences, Professor,
[3]Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, [4]PhD

ORCİD *[1]https://orcid.org/0009-0002-0947-0984 [2]https://orcid.org/0000-0002-1122-319*
[4]https://orcid.org/0000-0002-5246-8233

[1,4]M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Namangan Institute of Textile Industry, Namangan, Uzbekistan
[3]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

@ *[1]abilda_1977@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/RRQO6775

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL AND ANALYSIS OF THE RELEASE OF IMPURITIES FROM THE FIBROUS MASS WHEN CLEANING COTTON FIBER USING AN AEROMECHANICAL METHOD

Abstract. The article deals with cotton fiber cleaning in aeromechanical cleaners. Research has established that the fiber cleaning process is accompanied by shock effects on the material, which ultimately negatively affects its quality and quantity. Due to the imperfection of fiber cleaning technology and devices, some of these impurities remain in the fibrous mass, and some of the fibers are lost as part of the outgoing litter. The authors, based on the laws of movement of a continuous medium, obtained the dependences of changes in density, pressure and speed of air flow with fibrous mass on the parameters of the medium.

A pattern has been established for reducing the mass of the fibrous medium as a result of the release of weed impurities from it as a result of impact interaction with fixed grates. It is shown that a significant increase in the amount of isolated weed impurities is observed after interaction with the first four grates of the cleaning section. Further, the removal of impurities is significantly reduced.

It has also been established that, from an economic point of view, it is not advisable to install more than one cleaning section, since the following sections will not give a sufficient cleaning effect even when installing one cleaning section, in order to cover the missing cleaning effect, it is necessary to find ways to improve the machine implement of the fiber cleaner.

Keywords: cotton, fiber, aeromechanical fiber cleaner, fiber vices, weed impurities, saw cylinder, saw teeth, grate, cleaning effect.

Zhambylbay A.B., Sarimsakov O.Sh., Mardanov B.M., Yeshzhanov A.A. Development of a mathematical model and analysis of the release of impurities from the fibrous mass when cleaning cotton fiber using an aeromechanical method // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.369-379. https://doi.org/10.55956/RRQO6775

Introduction. One of the main raw materials in the global textile industry is cotton fiber, and in connection with the improvement of spinning techniques and technologies, special attention is paid to improving the quality and yield of yarn per

unit weight of fiber. In this regard, consumer requirements for the content of litter and defects in fiber, as well as short, non-woven fibers, have been significantly increased. Based on this, cotton fiber manufacturers, in order to ensure the competitiveness of their products, began to pay more attention to the re-equipment and modernization of cotton processing production processes, the introduction of new technologies and devices that maximize the preservation of the original quality and reduce the cost of fiber.

24-25 million tons of cotton fiber are produced annually in the world, and its consumption is over 25 million tons, the shortage of which is covered by inventories amounting to about 18 million tons [1]. The leading cotton fiber supplier countries are India, China, the USA, Pakistan, Brazil, Uzbekistan, Australia, Turkey, Argentina and Greece, which produce more than 70% of the total global volume of cotton fiber. Experts' forecasts show that due to climate change, adverse weather conditions and lack of water resources, the acreage under cotton tends to gradually decrease, which in order to meet the needs of the market and maintain current production volumes, producers are forced to find ways to maximize the use of raw materials, reduce its losses at all stages of production, preserve natural properties and initial quality indicators of the material.

Studies show [2-4] that each cotton processing process is accompanied by impact effects on the material, which ultimately negatively affects its quality and quantity. Calculations of the raw material balance show that 3-5% of raw cotton goes away as part of non-returnable waste, and defects in the form of flagella, plastics, immature seeds (motes), crushed seeds, skins with fiber, tangled nodules, short fibers, as well as weed impurities in the form of leaf particles, bracts, stems, cotton pods, twine particles, straw, dust, sand, etc.

Studies have established [5-7] that the most significant effect on the initial quality indicators is in the process of fiber separation, in which part of the fibers breaks, short-step fibers are formed, seeds are crushed, which results in the formation of a skin with fiber and litter, in the form of particles of crushed seeds. Other defects and litter are formed during transportation, cleaning, and some, for example, puny seeds, motes – during the cultivation of cotton, and the main part of the litter – during the collection and harvesting of raw cotton.

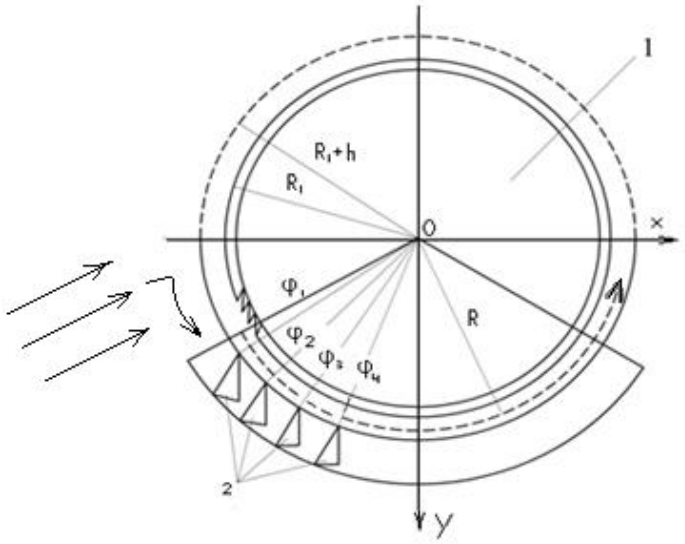
Materials and methods. *The process of fiber cleaning of domestic, aeromechanical cleaners.* The fiber cleaning process is designed to remove debris and defects from the mass of the fiber produced. However, due to imperfections in the technology and cleaning devices, some of these impurities remain in the fibrous mass, and some of the fibers go away as part of the outgoing litter [6]. At the same time, the fiber, namely, after cleaning, is sent to the packaging process as a finished product. Hence, it can be concluded that the fiber cleaning process is the final stage of the primary cotton processing process, where the final qualitative and quantitative indicators of the finished product, cotton fiber, are formed.

In this regard, these studies are aimed at developing a mathematical model of the fiber cleaning process, in order to establish the causes of low cleaning efficiency and care of the spun fibers in the composition of the selected litter.

The domestic fiber cleaning system is based on mechanical action on the material transmitted in the air stream. Therefore, this process is called an aeromechanical (or pneumomechanical) cleaning method.

Studies have found that cleaning cotton fiber from litter and defects is most effective immediately after its exit from the fiber separation machine (gin) [7,8]. At the same time, the fiber is in a loosened state and in these conditions it is advisable to use special devices for cleaning fibers from weed impurities.

The domestic fiber cleaning system provides for a cleaning scheme shown in Figure 1, where a saw cylinder rotating towards the movement of the air mixture (i.e., a mixture of fiber with an air stream) captures the fibers with saw teeth and drags them in the direction of its rotation, where, under the saw cylinders, along the arc of their rotation, fixed grates are installed, in the form of steel rods of various shapes and sizes, with the possibility of interaction of fibers captured by the teeth of the saw blades of the saw cylinder. In the cleaning zone, where the impact interaction of the fibrous mass with the grates occurs, as a rule, the fibrous mass shakes, mutual movement of fiber particles occurs and it loosens, space is formed for the release of weed impurities. As a result, the density and mass of fiber bundles decreases due to an increase in the volume of shreds and the removal of weed impurities from its composition. In this zone, due to the resistance of the stationary grates, the velocity of the final layer of the fibrous mass flow moving in the space between the grates and the saw cylinder decreases.



1 – saw cylinder, 2 – grates.

Fig. 1. Diagram of the cleaning zone of the fiber cleaner

At the end of the cleaning zone, the fiber leaves the saw teeth under the action of inertia and centrifugal force and begins to move under the action of the aerodynamic force of the air flow. There are fiber cleaners for single, double and triple cleaning, with one, two and three saw cylinders. In the case of a single cleaning, the fiber in the composition of the air flow leaves the purifier chamber and rushes to the condenser through the pneumatic transmission pipeline. And, in the case of double and triple cleaning, it is transferred to the next saw cylinder and the cleaning process will be identically repeated.

Mathematical model of the fiber cleaning process. Description of the process. To do this, we assume that the flow is stationary, and the flow is a continuous medium. To describe the state of stationary flow motion, it is required to use the basic principles of continuum mechanics [9,10]. If we consider the thickness of the fiber layer to be sufficiently small, then its speed differs almost insignificantly from the speed of the saw drum, and therefore the decrease in mass in the zone of interaction of fibers with grates occurs only due to a change in its density. In this case, you can use the purification model proposed by A.G. Sevostyanov [11]. This

model is simple and does not require the use of the equation of state of the fibrous mass.

Let us consider the stationary movement of the fiber flow in the chamber of the cleaning machine, where cotton fiber continuously flows at a flow rate of *Q*. The residence time of the fiber in the cylindrical chamber, provided that the grate occupies *q* - part of the chamber surface, is $T = q/\omega$, where ω – is the angular velocity of the saw drum. Due to the stationarity of the process, the same mass of fiber enters the chamber over time *T* equal to $m_0 = QT = Qq/\omega$. Let's establish the change in this mass during the passage of the camera from $t = 0$ to $t = T$.

Let's take the polar coordinates set in the center of the saw cylinder (Fig.1). Let's also assume that the outer boundary of the fiber layer interacts with the grates according to the Coulomb dry friction law; we consider the impact of forces from the grates to be point-like. The model of a compressible medium in the cleaning zone $R_1 < r < R_1 + h$, $\varphi_0 < \varphi < \pi - \varphi_0$ according to the Euler equation [11], has the form:

$$\rho w \frac{dw}{d\varphi} = -\frac{dp}{d\varphi} - f\frac{R}{R_1 + h}\sum_{i=1}^{N}\rho_i w_i^2 \delta(\varphi - \varphi_i), \quad \varphi_0 < \varphi < \pi - \varphi_0 \tag{1}$$

Law of conservation of mass flow:

$$\rho w S = \rho_i w_i S = const = \rho_0 w_0 S = Q \tag{2}$$

Equation of state of the medium establishing the relationship between pressure and flow density:

$$\rho = \rho_c[1 + A(p - p_c)], \tag{3}$$

where $w(r,\varphi)$ – is the angular velocity of the flow, *f* – is the coefficient of friction between the fiber and the grate, R_1 – is the radius of the saw cylinder, *h* – is the thickness of the layer of fibrous mass, $\delta(\varphi-\varphi_i)$ – is the Dirac function [12-14], indicating the action of a concentrated force at the point $\varphi = \varphi_i$, p_i and w_i – are the values of the function $p(\varphi)$ and $w(\varphi)$ at points $\varphi = \varphi = \varphi + \frac{\pi - 2\varphi_1}{N-1}(i-1)$ and *N* – is the number of grates subject to determination; S = Lh, ρ_0 – density of the fibrous mass at the entrance to the chamber, $w_0 < w_n$ – speed of supply of raw materials to the cleaning zone ($w_0 < w_n$. w_n – linear speed of the saw cylinder), *Q* – machine productivity, *L* – length of the cylinder; *A* – coefficient of compliance of the fibrous mass, p_0 – flow pressure at the entrance to the chamber. Using equality (2) we express the density p_i andpressure *p* at the flow rate $A << 1$ in the cleaning zone *w*:

$$\rho = \frac{\rho_0 w_0}{w}, \tag{4}$$

$$p = p_0 + \frac{1}{A}\left(1 - \frac{w}{w_0}\right) \tag{5}$$

Taking into account (2) and (4), $R/(R_1 + h) \sim 1$ assuming for $h/R \sim 0$, we obtain an equation for *w:*

$$\frac{d\vec{w}}{d\varphi} = -\frac{f}{q}\sum_{i=1}^{N}\overline{w}_i\delta(\varphi-\varphi_i) \tag{6}$$

where $\overline{w} = w/w_0$, $\overline{w}_i = w_i/w_0$, $q = 1-\frac{1}{A\rho_0 w_0^2}$

Since loosening of the flow occurs in the cleaning chamber, the condition is necessary $\rho < \rho_0$. In accordance with dependence (2) we have $w > w_0$, and from equation (6) $\frac{dp}{d\varphi} > 0$ it follows that it is necessary that q >0 or $w_0 < \sqrt{\frac{1}{Ap_0}}$. If we denote *K* the compressibility modulus of a fibrous mass, then its malleability will be equal to $A = 1/K$. Then $w_0 < \sqrt{\frac{1}{Ap_0}}$ it follows from the inequality $w_0<c_0$, where $c_0=K/p_0$ – is the velocity of propagation of the compression wave in the fibrous mass. So for example, if we accept $A=0.001Па^{-1}$, then we have $K=10^3Па$, then taking $p_0=10кг/м^3$, we get $c_0=8м/с$.

Assuming, $q= -q_0$ ($q_0 = \frac{1}{Ap_0w_0^2} - 1$), the solution to equation (6) for various angle values φ_i is obtained in the form:

$$\overline{w} = \overline{w}_0 = 1 \text{ at } \varphi < \varphi_1$$
$$\overline{w} = \overline{w}_1 = 1 + b\overline{w}_1 \text{ at } \varphi_1 < \varphi < \varphi_2$$
$$\overline{w} = \overline{w}_2 = 1 + b\overline{w}_1 + b\overline{w}_2 \text{ at } \varphi_2 < \varphi < \varphi_3$$
$$\overline{w} = \overline{w}_i = 1 + b\overline{w}_1 + b\overline{w}_2 + ... + b\overline{w}_{i-1} + b\overline{w}_i \text{ at } \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1}$$
$$\overline{w} = \overline{w}_{N-1} = 1 + b\overline{w}_1 + b\overline{w}_2 + ... + b\overline{w}_{i-1} + ... + b\overline{w}_{N-1} \text{ at } \varphi_{N-1} < \varphi < \varphi_N$$
$$\overline{w} = \overline{w}_N = 1 + b\overline{w}_1 + b\overline{w}_2 + ... + b\overline{w}_{i-1} + ... + b\overline{w}_N \text{ at } \varphi > \varphi_N$$

where $b = f/q_0$.

From these equations we find the flow velocity after interaction with the grate:

$$\overline{w}_i = c^i \quad (i = 1,2,3...N)$$

where $c=1/(1-b)=q_0/(q_0-f)$.

Since $q_0 > f$, then the feed rate w_0 must satisfy the inequality:

$$w_0 < c_o/\sqrt{1+f} \tag{7}$$

For the density after each interaction of the flow with the grate bars, the following dependencies were obtained:

$$\rho = \rho_0 \text{ at } \varphi < \varphi_1$$

$$\rho = \rho_i = \frac{\rho_0}{c^i} = \rho_0 \left(\frac{q_0 - f}{q_0} \right)^i \text{ at } \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1}\, i = 1..N-1$$

(8)

$$\rho = \rho_N = \rho_0 \left(\frac{q_0 - f}{q_0} \right)^N \text{ at } \varphi > \varphi_N$$

Let's establish a pattern of reducing the mass of the fibrous medium as a result of the release of weed impurities. According to [11], as a result of loosening, the density of the fibrous mass decreases by an amount *dp*, then its volume will be equal to:

$$V + dV = \frac{m - dm}{\rho - d\rho} \tag{9}$$

Following the work [11], let's assume that the relative change in fiber mass in a section is proportional to the relative change in fiber volume:

$$\frac{dm}{m} = \frac{dV}{aV}, \text{ (} i = 1,2,3,...N\text{)} \tag{10}$$

where $a > 0$ – is the proportionality coefficient.

Using expressions (9) and (10), we establish:

$$\frac{dm}{m} = \frac{d\rho}{(1+p)\rho} \tag{11}$$

Unlike the work [11], where the contact of the mass with the grates occurs simultaneously along the entire arc, we believe that contact along this arc in stationary mode occurs point-wise and the velocity of the shred at the points of contact will be different. Let us denote by m_0 – the mass of the unrefined fibrous medium entering the cleaning zone m_i – the mass of the fiber after interaction with *I* – the grate. Integrating equations (11) after the interaction of the flow with the grate (8), we obtain:

$$m = m_0 \text{ at } \varphi < \varphi_1$$

$$m = m_i = m_0 \left(\frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^{\lambda} = \frac{m_0}{c^{i\lambda_i}} = m_0 \left(\frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{\lambda i_i} \text{ at } \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1}\, i = 1..N-1$$

$$m = m_N = \left(\frac{\rho_N}{\rho_0} \right)^{N\lambda_N} = \frac{m_0}{c^{N\lambda_N}} = \left(\frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{\lambda_N N} \text{ at } \varphi > \varphi_N$$

where, according to [11] $\lambda_i = \lambda_0 /(1+p)^{i-1}$.

The amount of weeds released after interaction with the first grate will be: $\Delta m_1=m_0-m_1=m_0\varepsilon_1$, where $\varepsilon_1=1-c_1^{-\lambda}=1-(1-b)^{\lambda 1}$ – is the cleaning efficiency.

Similarly, the amount of released impurities after interaction with the second grate is calculated by the formula:

$$\Delta m_2=(m_0-\Delta m_1)\varepsilon_2=m_0(1-\varepsilon_1)\varepsilon_2,\quad \varepsilon_2=1-(1-b)^{2\lambda_2}$$

The amount of released impurities after interaction with i –the grate will be:

$$\Delta m_i=(m_0-\Delta m_1-\Delta m_2-\ldots-\Delta m_{i-1})\varepsilon_i=m_0(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)\ldots(1-\varepsilon_{i-1})\varepsilon_i \quad (12)$$

where $\varepsilon_1=1-(1-b)^{\lambda 1}$.

The total amount of isolated weeds after interaction with all grates, taking into account (12), will be presented as a sum:

$$M=\sum_{i=1}^{N}\Delta m_i=m_0[\varepsilon_1+(1-\varepsilon_1)\varepsilon_2+(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)\varepsilon_3+\ldots+(1-\varepsilon_1)(1-\varepsilon_2)\ldots(1-\varepsilon_{N-1})\varepsilon_N]$$

If we denote by n the percentage of incoming impurities in the cleaning zone of the fibrous mass, then when it is completely cleaned of impurities, the equality $M=0.01nm_0$ is fulfilled.

Research results and discussion of scientific results. The solution of inequality (7) relatively w_0 determines the maximum feed rate w_{0k}, at which $w_0<w_{0k}$ the cleaning process is realized without the formation of zones of disruption of the continuity of the fibrous mass flow.When choosing a parameter A it is assumed that the loosening condition is met, in which the density of the fibrous mass upon leaving the cleaning zone of the second section decreases.Int he calculations it is assumed $p_0=20кг/м^3$, $h=0.025м$, $Q=2000\div3600кг/с$, $L=1.64м$, $\lambda_0=1.5$, $p=0.6$. The speed of wave propagation c_0 and the feed rate of raw materials according to the flow rate formula $w_0=Q/p_0hL$ in the cleaning zone will be respectively equal to $c_0=9.534$ м/с, $w_0=4.13$ м/с.It can be seen that condition (7) is satisfied for the selected parameters. Calculations have established that the specified loosening is carried out when choosing the value of the parameter $A=0.000381/$Па. Calculations were performed for three options for the number of grates in the section $N=4$, $N=6$, $N=8$.

Figure 2 shows the values of density p_i and amount of impurities removed dm_i (in percent) between the grates, respectively. At the same time, the total amount of isolated weeds will be:

At $N=4$ $S_1=\sum_{i=1}^{4}dm_i=24.7\%$, at $N=6$ $S_1=\sum_{i=1}^{4}dm_i=30.9\%$, at $N=8$ $S_1=34.0\%$

It follows from the analysis of the results that a significant increase in the amount of isolated impurities is observed after interaction with the first four grates of the purification section. Further, the removal of impurities is insignificant.

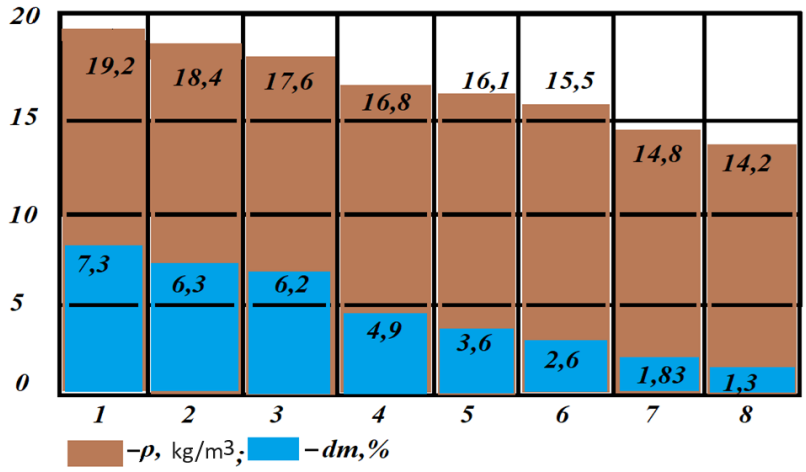


Fig.2. Results of calculations of change of density and quantity of weed impurities

An increase in the parameter λ_0 also leads to an increase in the amount of impurities released, this is noticeable with fewer grates. The compressibility properties of the incoming raw materials, determined by the coefficient of compliance *A* (compressibility modulus *K*) and density p_0, ultimately characterizing the wave propagation velocity, can have a significant effect on the change in the amount of impurities c_0. An increase in this rate c_0, which is associated with an increase in the stiffness of the material, leads to a decrease in the amount of impurities released, which is associated with an increase in the stiffness of the material, leads to a decrease in the amount of impurities released.

The stiffness of a single cotton fiber is its natural property and should be accepted as a natural phenomenon, permanent. However, the stiffness of a fiber bundle is the sum of the stiffness of its components. I.e., the fewer the number of fibers in the bundle, the less its stiffness and vice versa. Therefore, in order to reduce the stiffness of the fiber bundles, the number of fibers in the bundle should be reduced. This can be achieved by increasing the speed of saw cylinder.

As we noted above, according to the existing designs of domestic fiber cleaners, the number of cleaning sections can be up to three. We have studied the cleaning process in one section. In the following sections, the cleaning process will be identically repeated. However, as can be seen from the research results, the cleansing effect of the following sections will be much lower than in the first one.

Calculations have shown that with the number of grates in the section of 8 pieces, the cleaning effect of the 2nd section is only 2.6%. And, installing the 3rd section can increase the cleaning effect by less than 1 percent. Therefore, from a technological point of view, the installation of the 2nd section can be considered appropriate, although, from an economic point of view, this action does not justify itself. And, there can be no question of installing a 3-section, because it is not advisable from any point of view.

The installation of 2 sections can be with different ratios of the number of grates 4x8; 5x8; 6x8, because the cleaning arc, where it is advisable to install grates, of the first section is limited by the second saw cylinder, and the second section has no restriction.

There is another option – as mentioned above, from an economic point of view, it is advisable to install one cleaning section, and the missing cleaning effect (it is not very large) can be covered by improving the working organs of the machine.

Conclusion. 1. Studies have found that each cotton processing process, as well as fiber cleaning, is accompanied by impact effects on the material, which ultimately negatively affects its quality and quantity.

2. The fiber cleaning process is designed to remove debris and defects from the mass of the fiber produced. However, due to imperfections in the technology and cleaning devices, some of these impurities remain in the fibrous mass, and some of the fibers go away as part of the outgoing litter.

3. On the basis of the laws of motion of a continuous medium, the dependences of changes in density, pressure and velocity of the air flow with a fibrous mass on the parameters of the medium are obtained.

4. The regularity of decrease in mass of fibrous medium as a result of separation of weed impurities from it due to impact interaction with fixed grates is established.

5. By analyzing the results, it was found that a significant increase in the amount of extracted weed impurities is observed after interaction with the first four grates of the cleaning section. Further, the departure of impurities significantly decreases.

6. It was found that the stiffness of the fiber bundle significantly affects the release of weed impurities from the fiber. This can be achieved by increasing the speed of the saw cylinder.

7. It has also been established that from an economic point of view, it is not advisable to install more than one cleaning section, since the following sections will not have a sufficient cleaning effect. This shows that when installing one cleaning section, in order to cover the missing cleaning effect, it is necessary to find improvements in the working organs of the fiber cleaner.

References

1. International cotton advisory committee. Washington, From the Secretariat of the ICAC [Electronic resource]. – Access mode: https://icac.org/,emailsecretariat@icac.org. September 1, 2022.
2. Tursunov I., Rajapova N., Sarimsakov O., Mardonov B. The Movement of a Mixture of Cotton with an Air Stream during Pneumatic Transport by Pipeline of Variable Cross Section // Engineering, 2019. Vol. 11, No. 8. P. 531-540.
3. Umarkhojaev, D. Razrabotka vysokoeffektivnoy tekhnologii ochistki khlopkovogo volokna pri pererabotke trudno-ochishchayemogo i mashinnogo sbora khlopka – syrtsa [Development of highly efficient technology for cleaning cotton fiber when processing hard-to-clean and machine-harvested raw cotton]:Dissertation (PhD). – 2020. – 118 p., [in Russian].
4. Kaldybaev R.T., Kaldybaeva G.Yu., Dairabay D.D., Kobeeva N., Kayumova U.R., Bektaev K., Determination of optimal plans for raw cotton and fibre cleaning depending on the contamination of the initial raw material // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti [News of Higher Educational Institutions, Series Technology of Textile Industry], 2023. Vol. 5. P. 87–94.
5. Tursunov I., Karimov N., Sarimsakov O., Abdurakhimov K. Investigation of the movement of cotton-air mixture through pipelines of a pneumatic transmission plant // Universum: technical sciences: scientific journal, 2021. Vol. 82, No. 1. P. 24-31.
6. Sarimsakov O., Tursunov I., Rajapova N., Mardonov B. The Study of the Movement of the Aero Mixture through the Pipeline During Pneumatic Transportation of Cotton // Journal of Adv Research in Dynamical & Control Systems, 2020. Vol.12. P. 1287-1297.

7. Kaldybaev R.T., Myrkhalykov Zh.U., Tashmenov R.S., Yeldiyar G.K.,. Kaldybaeva G.Yu, Eshzhanov A.A., Baymukhanbetova D.M. Influence of heterogeneity of fiber samples in density on the value of air permeability // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti [News of Higher Educational Institutions, Series Technology of Textile Industry], 2016. Vol. 363, No. 3. P. 81-83.
8. Yeshzhanov A., Batyrkulova A., Murzabayeva G. Analysis of the significant factors influence on the fiber mass's clearing and blending // E3S Web of Conferences, 2024. Vol. 474.
9. Ismoilov A.A. Povy`shenie e`ffektivnosti ochistki volokna [Increasing fiber cleaning efficiency]: Dissertation (candidate of technical sciences). – 1988. – 159 p., [in Russian].
10. Kotova Yu.S. Issledovanie processa mnogokratnoj ochistki volokna po pryamotochnomu principu na xlopkozavodax pil`nogo dzhinirovaniya [Investigation of the process of repeated purification of fiber by the direct-flow principle at saw gining cotton mills]: Dissertation (candidate of technical sciences). – 1975. – 200 p., [in Russian].
11. Berdichevskij V.L. Variatsionnyye printsipy mekhaniki sploshnoy sredy [Variational principles of continuum mechanics]. – Moscow: "Science", 1983. – 420 p., [in Russian].
12. Miroshnichenko G.I. Osnovy` proektirovaniya mashin pervichnoj obrabotki xlopka. [Fundamentals of designing cotton primary processing machines]. – Moscow: Mechanical engineering, 1972. 307-343 p. [in Russian].
13. Sevost`yanov A.G., Sevost`yanov P.A. Modelirovanie texnologicheskix processov. [Modeling of technological processes]. – Moscow: light and food industry, 1984. – 344 p. [in Russian].
14. Dirak P.A.M. Osnovy` kvantovoj mexaniki. [Fundamentals of quantum mechanics]. – Moscow: State technical publishing house, 1932. [in Russian]

Material received on 05.06.24.

Ә.Б. Жамбылбай[1], О.Ш. Саримсаков[2], Б.М. Марданов[3], А.А. Ешжанов[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Наманган тоқыма өнеркәсібі институты, Наманган қ., Өзбекстан
[3]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан

АЭРОМЕХАНИКАЛЫҚ ӘДІСПЕН МАҚТА ТАЛШЫҒЫН ТАЗАЛАУ КЕЗІНДЕ ТАЛШЫҚТЫ МАССАДАН ҚОСПАЛАРДЫҢ БӨЛІНУІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЖАСАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада аэромеханикалық тазартқыштардағы мақта талшығын тазарту мәселелері қарастырылады. Зерттеулер көрсеткендей, бұл процесс талшықты тазарту материалға әсер етумен бірге жүреді, бұл оның сапасы мен мөлшеріне теріс әсер етеді. Талшықты тазарту технологиясы мен құрылғыларының жетілмегендігіне байланысты мұндай қоспалардың бір бөлігі талшықты массаның құрамында қалады, ал талшықтардың бір бөлігі шығатын қоқыстың құрамында қалады. Авторлар қатты ортаның қозғалу заңдарының заңдарына сүйене отырып, ауа ағынының тығыздығының, қысымының және жылдамдығының өзгеруінің талшықты массасы бар қоршаған орта параметрлеріне тәуелділіктерін алды.

Қозғалмайтын торлармен әсерлесу нәтижесінде одан арам қоспалардың бөлінуі нәтижесінде талшықты орта массасының азаю заңдылығы анықталды. Оқшауланған арам қоспалар санының едәуір артуы тазарту бөлімінің алғашқы төрт торымен өзара әрекеттесуден кейін байқалады. Әрі қарай, қоспалардың күтімі айтарлықтай төмендейді.

Сондай-ақ, экономикалық тұрғыдан алғанда, бірнеше тазарту бөлімін орнатқан жөн емес, өйткені келесі бөлімдер жеткілікті тазарту әсерін бермейді және бір тазарту бөлімін орнатқан кезде, жетіспейтін тазарту әсерін жабу үшін талшықты тазартқыштың жұмыс органдарын жетілдіру жолдарын іздеу керек.

Тірек сөздер: мақта, талшық, аэромеханикалық талшықты тазартқыш, талшық ақаулары, арамшөптер, ара цилиндрі, ара тістері, тор, тазарту әсері.

А.Б. Жамбылбай[1], О.Ш. Саримсаков[2], Б.М. Марданов[3], А.А. Ешжанов[1]

[1]Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Наманганский институт текстильной промышленности, г. Наманган, Узбекистан
[3]Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Узбекистан

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И АНАЛИЗ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ ПРИ ОЧИСТКЕ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА АЭРОМЕХАНИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы очистки хлопкового волокна в аэромеханических очистителях. Исследованиями установлено, что процесс очистки волокна сопровождается ударными воздействиями на материал, что в конечном итоге, отрицательно сказывается в его качестве и количестве. Из-за несовершенства технологии и устройств очистки волокна, часть таких примесей остаются в составе волокнистой массы, причем некоторая часть волокон уходит в составе выходящего сора. Авторами на основе законов перемещения сплошной среды получены зависимости изменения плотности, давления и скорости движения потока воздуха с волокнистой массой от параметров среды.

Установлена закономерность уменьшения массы волокнистой среды в результате выделения из нее сорных примесей в следствие ударного взаимодействия с неподвижными колосниками. Показано, что, существенное увеличение количества выделенных сорных примесей наблюдается после взаимодействия с первыми четырьмя колосниками очистительной секции. Далее, уход примесей значительно снижается.

Установлено, также, что с эконмической точки зрения, не целесообразна установка более одной секции очистки, т.к., следующие секции достаточного очистительного эффекта не дадут и при установке одной секции очистки, для покрытия недостающегося очистительного эффекта необходимо найти пути совершенствования рабочих органов волокноочистителя.

Ключевые слова: хлопок, волокно, аэромеханический волокноочиститель, пороки волокна, сорные примеси, пильный цилиндр, зубья пилы, колосник, очистительный эффект.

МРНТИ 64.33.17

У.М. Тилеубердиева[1] – *основной автор*, **Р.Т. Калдыбаев[2], Р. Эрдем[3], Г.Ю. Калдыбаева[4]**

[1]*Докторант*, [2,4]*Канд. техн. наук, доцент*, [3]*PhD, профессор*

[1]*https://orcid.org/0009-0001-7752-2064* [2]*https://orcid.org/0000-0002-1370-7553*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-2810-8294* [4]*https://orcid.org/0000-0001-9817-0355*

[1,2,4]*Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*
[3]*Университет Акдениз, г. Анталия, Турция*

[1]*Tileuberdieva@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/XQHX1374

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. Статья носит обзорный характер по определению надежности изделий специального назначения, предназначенных для работников строительной отрасли. В данной статье определены предпосылки выбора, обоснования направлений научных исследований по совершенствованию методов проектирования, и изготовления специальной одежды в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности строителей.

Проведенный обзор показал существенные недостатки используемых методов, обеспечивающих безопасность спецодежды и выявил степень их зависимости от тех или иных факторов. В число вышеназванных факторов входят избранные материалы, технологии изготовления, которые оказывают существенное влияние на свойства проектируемой специальной одежды. Предложено для этой цели использовать методику, в которой происходит присвоение коэффициентов весомости показателям числовой вариацией от 10 до 0 с интервалом 0,5. Благодаря данной методике определяются и рассчитываются коэффициенты весомости по значимости основных и дополнительных факторов, которые в свою очередь оказывают существенное влияние на функциональные свойства проектируемой специальной одежды.

Ключевые слова: специальная одежда, материалы, изделия, качество изделий, основные факторы, технологии изготовления, методика.

Тилеубердиева, У.М. Ретроспективный анализ научных исследований по разработке специальной одежды для строительной отрасли [Текст] / У.М. Тилеубердиева, Р.Т. Калдыбаев, Р. Эрдем, Г.Ю. Калдыбаева // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.380-388. https://doi.org/10.55956/XQHX1374

Введение. В настоящее время перед швейной промышленностью стоит ряд важных задач, включая расширение ассортимента продукции, значительное улучшение качества изделий и повышение экономической эффективности производства. Одним из ключевых направлений для достижения этих целей является совершенствование методов проектирования и технологии изготовления специальной одежды с учетом обеспечения безопасности жизнедеятельности в различных отраслях промышленности [1-

3]. Совершенствование технологии производства швейных изделий тесно связано с решением множества задач, нацеленных на расширение ассортимента производимой продукции, повышение ее функциональных характеристик и надежности, а также оптимизацию использования сырьевых ресурсов при формировании конечного изделия.

Специальная (защитная) одежда представляет собой неотъемлемый элемент современного инженера-строителя, с одной стороны, необходимый для выполнения работ на стройплощадке, а с другой стороны, является ключевым средством обеспечения безопасности жизнедеятельности работника. При изготовлении специальной одежды, в зависимости от профессиональной деятельности, используются разнообразные материалы для создания компонентов изделия, учитывая воздействие внешних факторов. Технологические процессы основываются на применении современного и эффективного оборудования.

Проведенные исследования, направленные на визуальную оценку надежности специальной одежды для строителей и вопросы обеспечения безопасности работников, выявили значительные недостатки в существующих моделях, используемых в настоящее время. Особое внимание уделено функциональности и надежности данных изделий. Эти характеристики в значительной степени зависят от выбранных материалов, методов формирования основных компонентов и технологии изготовления конечного продукта.

Строительные и смежные с ними монтажно-технические операции выполняются в разнообразных условиях, где специалистам приходится работать в различных климатических условиях и под воздействием разнообразных внешних факторов. Это может включать работу как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях, а также в различных температурных режимах.

Согласно ГОСТ 12.0.003 установлены опасные и вредные производственные факторы, которые имеют различные категории:

1) физические факторы: изменение окружающей среды, высокий уровень шума и вибрации, нарушения в дыхании, нехватка и/или недостаточность освещения;

2) химические факторы: воздействие кислот и щелочей;

3) психофизические факторы: физические и нервно-психические перегрузки, а также излишнее напряжение анализаторов;

4) биологические факторы: воздействие окружающей среды, возможность контакта с веществами, загрязняющими окружающую среду, что может привести к снижению работоспособности [4].

Кроме изложенных выше, путем визуального мониторинга рабочего процесса также установлены факторы риска условий пространства, где осуществляется эксплуатация специальной одежды, это сильная запыленность, механическое давление, температура, вредные газы и химические вещества и т.д.

Исходя из вышесказанного, проведен анализ мирового рынка специализированной одежды с учетом потребностей в современном проектировании, обеспечивающем высокий уровень индивидуальной защиты. Также выявлены актуальные решения для специалистов в строительной отрасли.

Обсуждение научных результатов. Глобальные исследования в области текстильной промышленности сфокусированы на создании

разнообразных функциональных материалов, которые обеспечивают высокий уровень комфорта для конечного потребителя. Для повышения защитных характеристик и надежности материалов от различных внешних факторов, а также для снижения их негативного воздействия на человека в условиях внешних воздействий, проводится дополнительная обработка материалов, включая усиление локальных участков и применение других технологических методов.

Для разработки специализированной одежды, применяемой во время выполнения строительно-технических работ, был проведен анкетный опрос среди профессиональных специалистов данной области. В качестве экспертов выступали как профессиональные зарубежные, так и местные работники строительной отрасли [5].

Определение экспертных оценок коэффициентов весомости показателей факторов [6-9], отражающих ряд важнейших функциональных свойств проектируемой специальной одежды состоит из нескольких этапов:

– организация опроса и его проведение;

– математическая обработка результатов опроса и расчёт коэффициентов весомости;

– анализ полученных результатов.

Согласно ГОСТ 23554.1-79 [10], количество экспертов m должно составлять не менее 6. В первом разделе анкеты перечисляются все n показателей факторов, включающих комплекс эксплуатационных, физико-механических, конструкторских и технологических характеристик, предъявляемых к специализированной одежде.

Анкетный опрос был проведен в формате онлайн-опроса и путем личных интервью. Учитывая, что специализированная одежда, используемая на объектах строительства, подвергается различным механическим воздействиям, на основе выявленных ключевых показателей были выделены основные факторы (Xn), оказывающие влияние на надежность и качество изделия (n=8):

X1 – износостойкость;

X2 – структура и толщина материала;

X3 – дополнительные элементы защиты в виде локальных пакетов;

X4 – формовочные свойства материалов;

X5 – соответствие размеров в динамике;

X6 – конструктивные особенности проектируемого изделия;

X7 – прочность соединительных швов;

X8 – дизайн и дополнительные функциональные аксессуары.

Во втором столбике таблицы эксперты выставляли ранговую оценку весомости каждого показателя. Уникальной особенностью данной методики является присвоение коэффициентов весомости показателям с использованием диапазона чисел от 10 до 0 с шагом 0,5. Согласно данной методике, наиболее значимый показатель, оцененный как ранг 1, получает коэффициент 10. Коэффициент весомости следующего по важности показателя определяется рангом R=2 и так далее.

Если у эксперта возникает равенство весомости двух и/или более показателей, то им присваиваются одинаковые ранги, несмотря на возможное различие в коэффициентах весомости. При этом важно обеспечить сохранение постоянной суммы рангов Ri для всех показателей, оцененных каждым j-го отдельным экспертом:

$$\sum_{i=1}^{n} R_{ji} = 0{,}5n(n+1) \quad (1)$$

При показателей n=8 сумма рангов всех показателей для каждого эксперта составит:

$$\sum_{i=1}^{n} R_{ji} = 0{,}5 \times 8(8+1) = 36$$

Полученную по всем m анкетам (j=m – количество экспертов) ранговые оценки по n показателям заносят в общую таблицу 1, которую используют вначале для определения согласованности мнений экспертов (коэффициента конкордации). При хорошем согласии далее рассчитывают значения коэффициентов весомости γ_i каждого фактора.

Для каждого фактора подсчитывают сумму рангов по вертикали:

$$S_i = \sum_{i=1}^{m} R_{ji} \quad (2)$$

Значение S_i отражает суммарное (общее) мнение всех экспертов о весомости показателей. При этом наиболее значимый показатель при данном методе ранжирования имеет минимальное значение (S_4=24), наименее значимый – максимальное значение (S_7=103).

Проверку общей согласованности мнений экспертов осуществляют по коэффициенту конкордации ω. Для этого сначала находят среднюю сумму рангов всех показателей:

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^{n} S_{iln} \quad (3)$$

Далее определяют линейные $(S_i-\bar{s})^2$ значения суммы S_i всех экспертов по каждому показателю от средней суммы рангов $\bar{s}$.

В случае, если у отдельных экспертов (j=2; 8; 9; 11; 12; 14) имеются одинаковые ранговые оценки, то для них вычисляют показатели одинаковости по формуле:

$$T_j = \sum (t_j^3 - t_j)/8 \quad (4)$$

где, u-число оценок с одинаковыми рангами в j-й строке, равное числу слагаемых в сумме (4); t_j- число одинаковых рангов в каждой оценке j-й строке

$$T_j = \sum_{1}^{6} \left(t_j^3 - t_j\right) \Big/ 8 = (2^3 - 2) \cdot 6/8 = 4{,}5$$

Таблица 1

Результаты экспертной оценки коэффициента конкордации и значения коэффициента весомости исследуемых показателей

№	Величина	Ранг Rji показателя качества Xi								Сумма
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	
1	j=1	6	1	4	3	7	2	5	8	36
2	j=2	5	2	3	5	4	6	1	7	33
3	j=3	6	1	4	2	7	3	5	8	36
4	j=4	5	3	2	4	6	2	1	8	31
5	j=5	6	3	4	5	2	7	1	8	36
6	j=6	5	1	2	3	7	4	6	8	36
7	j=7	8	5	6	3	4	2	1	7	36
8	j=8	6	1	5	2	3	3	5	7	32
9	j=9	2	1	5	4	7	5	3	6	33
10	j=10	6	1	4	2	5	7	3	8	36
11	j=11	6	2	3	2	4	7	1	8	33
12	j=12	2	1	5	4	7	5	3	6	33
13	j=13	6	1	4	3	7	2	5	8	36
14	j=14	2	1	5	4	7	5	3	6	33
15	Si	71	24	56	46	77	60	43	103	480
16	$(Si-\bar{s})$	37	-10	22	12	43	26	19	69	
17	$(Si-\bar{s})^2$	1369	100	484	144	1849	676	361	4761	9774
18	R(Si)	6	2	4	3	6	4	3	8	36
19	ΔR_1	0	-1	-1	0	1	-2	2	0	7
20	ΔR_2	-1	0	-2	2	-2	2	-2	-1	12
21	ΔR_3	0	-1	-1	-1	1	-1	2	0	7
22	ΔR_4	0	-1	-1	-1	1	-1	2	0	7
23	ΔR_5	0	1	-1	2	-4	3	-2	0	13
24	ΔR_6	-1	-1	-3	0	1	0	3	0	9
25	ΔR_7	2	3	1	0	-2	-2	-2	-1	13
26	ΔR_8	0	-1	1	-1	-3	-1	2	-1	10
27	ΔR_9	-4	-1	-1	1	1	1	0	-2	11
28	ΔR_{10}	0	-1	0	-1	-1	3	0	0	6
29	ΔR_{11}	0	0	-1	-1	-2	3	-2	0	9
30	ΔR_{12}	-4	-1	1	1	1	1	0	-2	11
31	ΔR_{13}	0	-1	0	0	1	-2	-2	0	6
32	4	-4	-1	1	1	1	3	0	-2	13
33	S_{Ri}	65	23	51	44	74	57	38	96	448
34	$(S_{Ri}-\bar{S}_R)$	9	-33	-5	-12	18	1	-18	40	
35	$(S_{Ri}-\bar{S}_R)^2$	81	1089	25	144	324	1	324	1600	3588
36	$R(S_{Ri})$	5	2	4	3	6	4	3	7	34
37	$Ri- R(S_{Ri})$	1	0	0	0	0	0	0	1	2
38	d^2	1	0	0	0	0	0	0	1	2
39	$100/ S_{Ri}$	$\Delta R_1$1,54	4,35	1,96	2,27	1,35	1,75	2,63	1,04	16,89
40	γ_i	0,09	0,26	0,12	0,13	0,08	0,10	0,16	0,06	1,00

Коэффициент согласованности (конкордации) экспертов определяли по формуле:

$$\omega = \frac{\sum_1^n (s_i - \bar{s})^2 \cdot n}{m^2(n^3 - n) - m\sum_{j=1}^m Tj} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{9774 \cdot 8}{14^2(8^3 - 8) - 4,5} = \frac{78192}{98779,5} = 0,79$$

Рекомендуемыми значениями коэффициента конкордации, при котором определяют коэффициенты весомости *γi* каждого показателя, является *ω*>0,6.

Значимость полученного коэффициента ω проверяют по критерию Пирсона:

$$\chi^2=\omega \cdot n(n-1) \quad (6)$$

Расчетное значение коэффициента Пирсона:

χ^2=0,765·8(8-1) = 42,84

Табличное значение коэффициента Пирсона $\chi^2_{0,05}$ для степени свободы $f=n$-1=8-1=7 равно 14,1 при 5%-ном уровне значимости. Так как $\chi^2>\chi^2_{0,05}$, величина ω значима и между мнениями экспертов имеется существенная связь. Тогда можно с 95%-ной доверительной вероятностью утверждать, что мнение экспертов относительно степени влияния факторов согласуется в соответствии с коэффициентом конкордации ω=0,79.

На рисунке 1 показана диаграмма рангов для расмотренных факторов (X_1...X_8), откуда следует, что распределение относительно равномерное, убывание характеризуется немонотонностью.

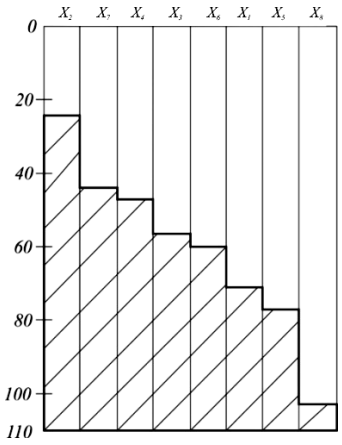


Рис. 1. Диаграмма рангов для рассматриваемых факторов

Учитывая, что коэффициент конкордации ω=0,79>0,6 (хорошая согласованность), то это позволяет перейти к расчёту коэффициентов весомости yi каждого фактора x_i. Для этого находят среднее значение ранга $R(S_i)$ по каждому показателю, выставленному каждым экспертом j=1…14.

Взависимости от среднего значения ранга производится абсолютное отношение ранга ΔR_iпо всем показателям и даётся повторная оценка линейной и квадратичной разности суммы рангов S_{Ri} и среднего значения $\bar{s}_R$.

Заключение. На основе анализа полученных значений коэффициентов весомости γ_i (табл. 1) выявлено, что фактор X_2 – структура и толщина материала, с коэффициентом γ_2=0,26 является самым весомым и значимым, превышающим остальные величины в 2 и более раз. Вторым и третьим по весомости являются показатели X_7 – прочность соединительных швов (γ_7=0,16) и X_4 – формовочные свойства материалов (γ_4=0,13), а четвертым по весомости показателем считается X_3 – дополнительные элементы защиты в виде локальных пакетов. Следует отметить, что эти факторы существенно влияют на функциональные свойства проектируемой специальной одежды.

Наши дальнейшие исследования будут посвящены выбору объекта и обоснованию методов исследования, где самым тщательным образом будут рассмотрены первые четыре показателя по весомости.

Список литературы

1. Новиков, В.С. Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях [Текст] / В.С. Новиков, С.И. Сороко – СПб: Политехника-принт, 2017. – 476 с.
2. Коринтели, А.М. Оценка рисков производства одежды специального назначения [Текст] / А.М. Коринтели, Г.Б. Григорьева // Мир в зеркале языков: Комплексная парадигма. Материалы X Всероссийской научно-практической студенческой конференции. Ин-т сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Шахты, 2019. – С. 43–47.
3. Zufarova Z., Fuzailova K., Yakushov M., Tashpulatov S., Cherunova I., Kholiqov K., Sheraliyeva R. Dependence of the Topology of Damage to Eco-Friendly Wetsuits under Different Scenarios of their Use for DigitalDesign // Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them, [?].
4. ГОСТ 12.0.003: Международный стандарт. Опасные и вредные производственные факторы [Текст]. – Введ. 01.03.2017. – Москва: Стандартинформ, 2019 – 9 с.
5. Расулова, М.К. Разработка технологии изготовления спецодежды с улучшенными эксплуатационными свойствами [Текст]: монография / М.К. Расулова, С.Ш. Ташпулатов, И.В. Черунова. – Курск: Университетская книга , 2020. – 191 с.
6. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведнии исследований в лёгкой и текстильной промқшленности) [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.
7. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров: основы квалиметрии [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
8. Цветкова, Л.А. Состояние рынка одежды и обуви для детей школьного возраста и перспективы его развития [Текст] / Л.А. Цветкова // II Швейная промышленность, 2000. – № 1. – С.16-19.
9. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1975. – 333 с.
10. ГОСТ 23554.1-79. Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Организация и проведение экспертной оценки качества продукции [Текст]. – Введ. 01.01.1981. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980 – 28 с.

Материал поступил в редакцию 25.06.24

У.М.Тилеубердиева[1], Р.Т. Калдыбаев[1], Р. Эрдем[2],Г.Ю. Калдыбаева[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Акдениз Университеті, Анталия қ., Түркия

ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫ ҮШІН АРНАЙЫ КИІМ ӘЗІРЛЕУ БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРДІ РЕТРОСПЕКТИВТІ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақала құрылыс саласының қызметкерлеріне арналған арнайы мақсаттағы бұйымдардың сенімділігін анықтау бойынша шолу сипатында жазылған. Бұл мақалада құрылысшылардың өмір сүру қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін жобалау

әдістерін жетілдіру және арнайы киім жасау бойынша ғылыми зерттеулердің бағыттарын таңдау, негіздеу алғышарттары анықталған.

Жүргізілген шолу арнайы киімнің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін қолданылатын әдістердің елеулі кемшіліктерін көрсетті және олардың белгілі бір факторларға тәуелділік дәрежесін анықтады. Жоғарыда аталған факторларға таңдалған материалдар, өндіріс технологиялары кіреді, олар жобаланған арнайы киімнің қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Осы мақсатта 0,5 интервалмен 10-нан 0-ге дейінгі сандық вариациямен индикаторларға салмақ коэффициенттерін тағайындайтын әдісті қолдану ұсынылады. Осы әдістеменің арқасында негізгі және қосымша факторлардың маңыздылығы бойынша салмақ коэффициенттері анықталады және есептеледі, бұл өз кезегінде жобаланған арнайы киімнің функционалдық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді.

Тірек сөздер: арнайы киім, материалдар, бұйымдар, бұйымдардың сапасы, негізгі факторлар, дайындау технологиялары, әдістеме.

U.M. Tileuberdieva[1], R.T. Kaldybaev[1], R. Erdem[2], G.Yu. Kaldybaeva[1]

[1]South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan
[2]Akdeniz University, Antalya, Turkey

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF SPECIAL CLOTHING FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract. The article has a review character on definition of reliability of special purpose products intended for workers of construction industry. In this article the prerequisites of choice, substantiation of directions of scientific researches on improvement of methods of designing and manufacturing of special clothes in order to provide safety of life activity of builders are defined.

The conducted review has shown essential disadvantages of the used methods providing safety of special clothes and has revealed a degree of their dependence on those or other factors. Among the above-mentioned factors include selected materials, manufacturing technologies that have a significant impact on the properties of the designed special clothing. For this purpose it is proposed to use the methodology in which the weight coefficients are assigned to the indicators by numerical variation from 10 to 0 with 0.5 interval. Due to this methodology weighting coefficients are determined and calculated by the significance of the main and additional factors, which in turn have a significant impact on the functional properties of the designed special clothing.

Keywords: special clothing, materials, products, product quality, main factors, manufacturing technologies,methodology.

References

1. Novikov V.S., Soroko S.I. Fiziologicheskiye osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh [Physiological foundations of human life in extreme conditions]. – St. Petersburg: Politekhnika-print, 2017. – 476 p., [in Russian].
2. Korinteli A.M., Grigor'yeva G.B.Otsenka riska proizvodstva odezhdy spetsial'nogo naznacheniya [Risk assessment for the production of special-purpose clothing] // Mir v zerkale yazykov: Kompleksnaya paradigma. Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy studencheskoy konferentsii. In-t sfery obsluzhivaniya i predprinimatel'stva (filial) DGTU v g. Shakhty. – Shakhty [The World in the Mirror of Languages: A Complex Paradigm. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Student Conference. Institute of Service Spheres and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty. – Shakhty], 2019. – P. 43–47, [in Russian].

3. Zufarova Z., Fuzaylova K., Yakushov M., Tashpulatov S., Cherunova I., Kholikov K., Sheraliyeva R. Dependence of damage topology of environmentally friendly wetsuits under various scenarios of their use for digital design // Problems of textile and light industry in the context of the integration of science and industry and ways to solve them, [?], [in Russian].
4. GOST 12.0.003 - Mezhdunarodnyy standart. Opasnyye i vrednyye proizvodstvennyye faktory [International standard. Dangerous and harmful production factors]. – Published. 01.03.2017. – Moscow: Standardinform, 2019 – 9 p., [in Russian].
5. Rasulova M.K., Tashpulatov S.SH., Cherunova I.V. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya spetsodezhdy s uluchshennymi tekhnicheskimi kharakteristikami [Development of technology for manufacturing workwear with improved technical characteristics]: monograph. – Kursk: University Book, 2020. – 191 p., [in Russian].
6. Tikhomirov V.B. Planirovaniye i analiz eksperimenta (pri provednii issledovaniy v legkoy i predmetnoy promk¸shlennosti) [Planning and analysis of an experiment (when conducting research in the light and subject industries)]. – Moscow: Light industry, 1974. – 262 p., [in Russian].
7. Azgal'dov G.G. Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov: osnovy kvalimetrii [Theory and practice of assessing the quality of goods: fundamentals of qualimetry]. – Moscow: Economics, 1982. – 256 p., [in Russian].
8. Tsvetkova L.A. Sostoyaniye rynka odezhdy i obuvi dlya detey shkol'nogo vozrasta i perspektivy yego razvitiya [The state of the clothing and footwear market for school children and the prospects for its development] // II Shveynaya promyshlennost' [II Garment Industry], 2000. No. 1. P.16-19, [in Russian].
9. Gmurman V.Ye. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [A guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics]. – Moscow: Higher School, 1975. – 333 p., [in Russian].
10. GOST 23554.1-79. Sistema upravleniya kachestvom produktsii. Ekspertnyye metody otsenki kachestva promyshlennoy produktsii. Organizatsiya i provedeniye ekspertnoy otsenki kachestva produktsii [Product quality management system. Expert methods for assessing the quality of industrial products. Organization and conduct of expert assessment of product quality]. – Published. 01.01.1981. – Moscow: USSR State Committee for the Region, 1980 – 28 p.

ҒТАМР 50.47.29

Б.А. Сулейменов ©

Техн.ғылым.д-ры,профессор

ORCİD *https://orcid.org/0000-0002-5782-1315*

К.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

b.suleimenov@satbayev.university

https://doi.org/10.55956/JRJB2168

ФОСФОРДЫ ТАЗАЛАУ ПРОЦЕСІН ТИІМДІ БАҚЫЛАУ ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АЛГОРИТМДЕРДІҢ ЖАСАЛУЫ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕЛУІ

Аңдатпа. Нарықтық экономика жағдайында түсті және қара металлургияда, химия өнеркәсібінде, мұнай химиясында және т.б. технологиялық процестерді басқарудың оңтайлы жүйелерін енгізудің өткір міндеті тұр. Бұл минералдық ресурстарды ұтымды пайдалануға, жылу және электр энергиясын үнемдеуге, экологиялық зардаптарды азайтуға және өндірістің экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Әлемде технологиялық процестердің барлық түрлерін басқарудың оңтайлы жүйелерін белсенді түрде әзірлеу және енгізу өткен ғасырдың 60-80 жылдарында басталып, жалғасын тапты. Дегенмен, осы күнге дейін айтарлықтай автоматтандырылған оңтайлы басқару жүйесі енгізілген жоқ. Бұл қазіргі технологиялық процестерде болып жатқан физикалық және химиялық құбылыстардың шектен тыс күрделілігіне байланысты және нәтижесінде бұл құбылыстардың жеткілікті барабар математикалық сипаттамасын жасау мүмкін болмай тұр.

Соңғы уақытта бүкіл әлемде сарапшылардың білімін, тәжірибесін және ішкі түйсігін пайдалануға мүмкіндік беретін заманауи интеллектуалды технологияларды қолдану үрдісі байқалуда. Сонымен қатар, оңтайлы басқару жүйелерін синтездеу кезінде жасанды интеллект әдістерін қолдану оларды құру процесін айтарлықтай жеңілдетуге, басқару модельдерінің сапасын жақсартуға және олардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Сондықтан әр түрлі технологиялық процестерді, оның ішінде фосфор қосалқы өнеркәсібін басқарудың интеллектуалды үлгілерін (алгоритмдерін) әзірлеу және енгізу өзекті міндет болып табылады.

Жаңажамбыл фосфор зауытының (ЖЖФЗ) өндірістік жағдайында фосфорды күшән мен органикалық заттардан тазарту жаңа күрделі технологиялық процесті басқарудың жаңа интеллектуалды алгоритмдерін құрудың әдістері мен құралдарын қолдануды ұсынамыз.

Тірек сөздер: сары фосфор, фосфорды тазарту, органикалық заттар, интеллектуалды басқару модельдері, нейрондық желілер.

Сулейменов,Б.А. Фосфорды тазалау процесін тиімді бақылау үшін интеллектуалды алгоритмдердің жасалуы және зерттелуі[Мәтін] /Б.А. Сулейменов// Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.389-404.https://doi.org/10.55956/JRJB2168

Кіріспе. Қазіргі уақытта минералдық ресурстарды неғұрлым ұтымды пайдалануға, жылу және электр энергиясын үнемдеуге, экологиялық проблемаларды азайтуға, экономикалық қайтарымды арттыруға мүмкіндік беретін металлургия, химия өнеркәсібі, мұнай химиясы және т.б. өндірісте технологиялық процестерді басқарудың оңтайлы жүйелерін жасау міндеті барған сайын өзекті бола түсуде. Әлемде, КСРО-да және Қазақстанда әртүрлі технологиялық процестерді басқарудың оңтайлы жүйелерінің қызу даму кезеңі өткен ғасырдың 60-80 жылдарында болды. Дегенмен, осы уақытқа дейін, мысалы, Қазақстанда айтарлықтай оңтайлы басқару жүйесі енгізілген жоқ [1-3]. Бұл түсті және қара металлургия, химия және Қазақстан экономикасының басқа да салаларындағы технологиялық процестердің шектен тыс күрделілігіне байланысты. Мұндай күрделі процестердің жеткілікті барабар математикалық модельдерін құру талпыныстары, өкінішке орай, нәтижесіз болып қалды. Осының салдарынан модельдеу практикасы біртіндеп тоқтап қалды. Соңғы жылдары бұл бағыттағы жарияланымдар айтарлықтай азайды.Қазіргі интеллектуалды жүйелердің қарқынды дамуының замануи әдістері мен құралдарын жасаудың және құрудың осы әдістердің практикалық қолданылуы бойынша басқару жүйесін құруда жарияланымдардың біршама өсуіне алып келді.

Фосфорды органикалық қоспалардан және күшәннан тазарту процесін басқару үшін интеллектуалды технологияларды құрудың әзірленген әдістері мен құралдарын сынақтан өткізуді ұсынамыз. Сонымен бірге, бұл процестің көрсеткіштерін шамалы жақсартудың өзі айтарлықтай экономикалық және экологиялық зардаптарға әкелетінін ескеру қажет.

ҚазҰТЗУ-дың автоматтандыру және басқару кафедрасында жүргізілген көптеген зерттеулер, сондай-ақ жарияланымдарды талдау интеллектуалды технологияларды технологиялық процестің өзі емес, оңтайлы процестерді басқарудың тікелей моделін жасауда қолдануға болатынын көрсетті. Яғни, қарастырылып отырған интеллектуалды технологиялар (ИТ) дәстүрлі тізбекпен салыстырғанда, басқару алгоритмдерін бірден жасауға мүмкіндік береді: технологиялық модель құрылымын жасау → нысанда эксперименттік зерттеулер жүргізу → модельді анықтау → оңтайландыру мәселесін тұжырымдау → оңтайландыру әдісін таңдау → оңтайлы басқару алгоритмін әзірлеу. Дәстүрлі әдіс басқарудың оңтайлы жүйесін құрудың ұзақ (кейде бірнеше жыл), қымбат , сондай-ақ әрқашан да табысты бола бермейтін жолын қамтиды [1-3].

ИТ қолданысы ұқсас мәселелерді бірден шешуге және тәжірибе көрсеткендей, жеткілікті сәтті мүмкіндік береді. Өйткені, жасанды интеллект әдістері пәндік саланы жақсы білетін адам сарапшыларының білімін, тәжірибесін және түйсігін пайдалануды көздейді. Яғни, бұл жерде «дайын білім» деп аталатын эффект қолданылады. Керісінше, математикалық модельді әзірлеу (жүйенің негізгі құрамдас бөлігі) «жаңа білімді» құру процесі болып табылады, сондықтан теориялық зерттеулер үшін айтарлықтай ұзақ уақытты, сондай-ақ эксперименталды зерттеулерді жүргізуге және моделін анықтауға үлкен материалдық және еңбек шығындарын талап етеді.

Сонымен қатар, тәжірибелі технолог-операторлар ұзақ мерзімді жұмыс барысында әртүрлі бастапқы жағдайларда технологиялық процесті оңтайлы режимдерде жүргізуді үйренді (және олар жиі табысқа жетеді). Мамандардан «дайын білімді» интеллектуалды жүйенің білім қорына беру интеллектуалды жүйелерді құруды айтарлықтай жеңілдетеді.

Қазақстанның «Индустрия 4.0» даму бағдарламасының ережелеріне сәйкес процесті басқару кезінде «адам факторының» әсерін (олар адам ағзасының қасиеттері: шаршау, жеткіліксіз жылдам реакция, жеткіліксіз психологиялық тұрақтылық, монотонды жұмыс кезінде ұйқышылдық, жас операторлардың жеткіліксіз жұмыс тәжірибесі және басқа да себептер) жоюға мүмкіндік беретін технолог-оператордың «цифрлық егізі» әзірленетін болады.

Бұл жобаның мақсаты – ЖЖФЗ-да жоғары сапалы тауарлық өнімдер – төмен мышьякты фосфорды өндіре отырып, фосфорды органикалық заттар мен күшәннан тазартудың технологиялық процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және өнеркәсіптік сынақтан өткізу.

Негізгі міндеттер:

– сары фосфорды тазарту процестерін оңтайлы басқару үшін интеллектуалды алгоритмдерді синтездеу концепциясын тұжырымдау;

– процестерді оңтайлы басқару алгоритмдерін синтездеу үшін толық факторлық эксперимент (ТФЭ) матрицаларын қалыптастыру: сары фосфор тұнбасы, фосфор шламын құрғату, фосфор шламын органикалық қоспалардан тазарту және А класындағы тауарлы фосфорды алу үшін фосфорды күшәннан тазарту;

– бұлдыр алгоритмдер, нейрондық желілер, бұлдыр нейрондық алгоритмдер әдістерін қолдана отырып, осы төрт процесті оңтайлы басқару үшін интеллектуалды модельдерді (алгоритмдерді) синтездеу;

– барабарлық, бірмәнділік, тұрақтылық және сезгіштік үшін синтезделген интеллектуалды басқару модельдері бойынша зерттеулер жүргізу;

Зерттеу нысаны – фосфор қышқылын күшән мен органикалық заттардан тазарту технологиясы, ал зерттеу пәні – осы технологиялық процесті басқарудың интеллектуалды алгоритмдері.

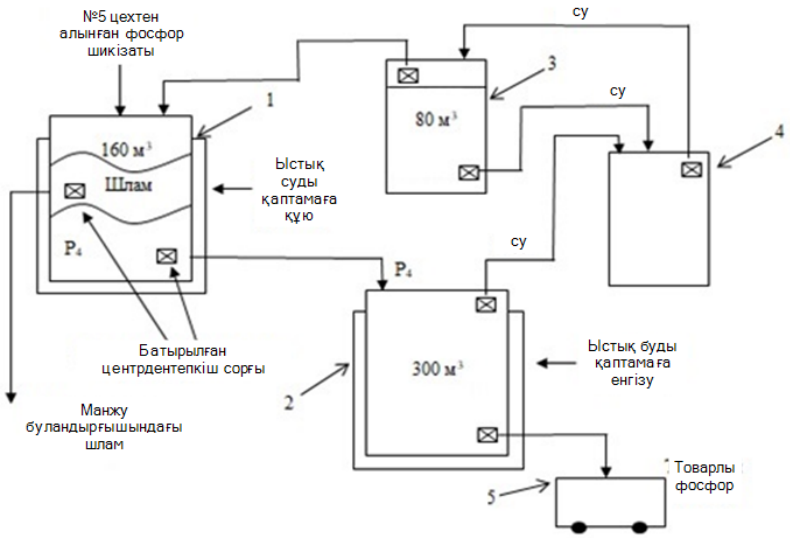
Зерттеу шарттары мен әдістері.1. Тұндыру процесін оптимальды басқару мәселесінің қойылымы. Сары фосфор шикізаты №5 пеш цехынан фосфорды тұндыру бөліміне қыздырылған құбырлар арқылы он тұндырғыға түседі (1-сурет, 1-позиция). «Шлам: P_4» қатынасы = 60%-40%.

Тұндырғыштар диаметрі 7,4 м, биіктігі 4 м, көлемі 160 $м^3$ тот баспайтын болаттан жасалған резервуарлар болып табылады. Фосфорды 70°С-80°С температурада балқыған күйде ұстап тұру үшін, тұндырғыштың қаптамасына 90°С-тан аспайтын ыстық су беріледі, процесті жақсарту үшін тұндырғыштар араластырғыштармен жабдықталған. Тұндырудың ұзақтығы - кем дегенде 2 сағат. Әрбір тұндырғыш екі суасты сорғымен жабдықталған, олардың біреуі фосфорды, екіншісі фосфор шламын айдауға арналған. Фосфор шламы одан сары фосфордың қалдығын алу және фосфорды күшән мен органикалық қоспалардан тазарту үшін одан әрі өңдеу үшін жойылады.

Фосфордың өздігінен жануын болдырмау үшін шұңқыр су қабатының астында орналасады және азотпен қамтамасыз етіледі. Тұндырғыштардан фосфор немесе тұнба сорылатындықтан, олар тұндырғыштардағы сұйықтықтың жоғарғы деңгейі тұрақты болуы үшін қышқыл су ыдысынан сумен толтырылады (3-позиция). Сары фосфор 12 қоймаға (2-позиция) 70°С-80°С температурада түседі.

Тұндыру бөлімінің тәжірибелі операторлары арасында сауалнама жүргізу нәтижесінде, тұндыру процесі фосфор шикізаты температурасына, "шихта: фосфор" қатынасына және тұндырғыштың рубашкасына берілетін ыстық су температурасына байланысты екені анықталды. Тұндыру сапасын

анықтайтын критерий – тауарлық фосфорға (P_4) түсетін фосфор тазалығы: резервуар-қоймаларға (2-позиция) кем мөлшерде шлам келіп түссе, соншалықты тауарлық фосфордың (P_4) сапасы жоғары болады.



1 – 10 бірлік көлемінде тұндырғыштар; 2 – 12 бірлік көлемінде сары фосфор сақтауға арналған резервуарлар; 3 – 2 бірлік көлемінде қышқылды суға арналған цистерналар; 4 – құрамында фосфоры бар қалдықтарға арналған цистерналар;5 – тауарлы фосфорды тұтынушыларға жөнелтуге арналған теміржол цистернасы.

Сурет 1. Фосфор тұнбалары мен тазарту бөлімшесінің аппараттарының схемасы

Тауарлы фосфордың сапасын тұнбаның ұзақтығын өзгерту арқылы бақылауға болады – тұндыру ұзақтығы неғұрлым ұзақ болса, тауарлық фосфордың сапасы да соғұрлым таза болады, яғни тауарлы фосфордағы шлам мөлшері ең аз болады. Сонымен қатар, тұндыру ұзақтығынан бүкіл бөлімшенің өнімділігі де тәуелді: тұндыру ұзақтығы неғұрлым көп болса, бөлімшенің өнімділігі соғұрлым төмен болады. Сондықтан тұндыру процесінің тиімділігі операторлардың шеберлігіне байланысты – берілген P_4 тауарлы фосфор сапасына қол жеткізу қажет және сонымен бірге бүкіл бөлімнің өнімділігін төмендетпеу керек.Осылайша, шикізат фосфор шламын өңдеу процесін оңтайлы басқару міндеті мынадай: «Төменгі тұндыру бөлімінің өнімділігін арттыру кезінде тауарлық фосфордың қажетті сапасына қол жеткізу».

Жұмыстардың талдауы[5-19] тұндыру процесінің интеллектуалды модельдерін синтездеу үшін осы авторлардың тәжірибесін пайдалануға мүмкіндік берді, бұл ретте тұндыру ұзақтығын басқару "жақсы" тұндырғыштарда процесті уақтылы аяқтауға және "нашар" тұндырғыштарда тұндыруды ұзартуға келіп тіреледі. Сары фосфор тұнбасы процесінің интеллектуалды моделі «жақсы» және «жаман» тұндырғыштарды анықтауға көмектеседі, оның міндеті оператордың әрекетіне байланысты емес әртүрлі факторларды ескере отырып, тұнбаның ұзақтығын болжау болып табылады. Модельдің болжамды шешімдеріне ие бола отырып, оператор алдын ала «жақсы» және «жаман» тұндырғыштарды анықтай алады, осылайша бүкіл

шлам бөлімін (10 тұндырғыш) оңтайлы басқара алады: «Тауарлы фосфордың сапасына қол жеткізу кезінде тұндыру бөлімшенің өнімділігін арттыру».

2. ТФЭ матрицасын құру және сары фосфордың тұндыру процесінің моделін синтездеу. Модельдерді машиналық оқытудың бастапқы деректері [1,2,3,8] әдістемемізге сәйкес қалыптастырылды, ол үшін тұндыру процесіндегі айнымалылар үшін келесі белгілерді қабылдаймыз: X1 – фосфор температурасы (70°-80°C); X2 – «шлам: P_4» қатынасы (60%-40%); X3 – тұндырғыш қаптамасындағы ыстық судың температурасы (70°-95°C); Y – тұндыру ұзақтығы.Бұл ретте операторда X1 және X2 модельдің кіріс айнымалыларын, яғни №5 цехтің жұмысына байланысты айнымалыларды, яғни су температурасы жылу цехының жұмысына тәуелді болғандықтан, өзгерту мүмкіндігі жоқ екендігін ескеру қажет. Оператор тек осы айнымалыларды басқара алады.

Тұндыру бөлімінің операторлары арасында сауалнама нәтижелері осы айнымалы мәндердің орташа бағалары тұндыру ұзақтығына қалай әсер ететінін анықтады (1-кесте). 1-кестеде интеллектуалды модельдердің синтезіне арналған толық факторлық эксперименттің (ТФЭ) матрицасы бар. 1-кестеде барлық айнымалылар 0,0 (ең төменгі мән) мен 1,0 (ең жоғарғы мән) аралығындағы нормаланған (өлшемсіз) түрде берілген.

Кесте 1

Шикізат фосфорды тұндыру процесі үшін ТФЭ матрицасы

Тәжірибе нөмірі	Фосфор температурасы,X_1	«Шлам: P4» қатынасы, X2	Су температурасы, X_3	Тұндыру уақыты,Y
1	2	3	4	5
1	0,0	0,0	0,0	0,98
2	0,5	0,0	0,0	0,91
3	1,0	0,0	0,0	0,82
4	0,0	0,5	0,0	0,21
5	0,5	0,5	0,0	0,124
6	1,0	0,5	0,0	0,07
7	0,0	1,0	0,0	0,065
8	0,5	1,0	0,0	0,06
9	1,0	1,0	0,0	0,058
10	0,0	0,0	0,5	0,99
11	0,5	0,0	0,5	0,92
12	1,0	0,0	0,5	0,82
13	0,0	0,5	0,5	0,21
14	0,5	0,5	0,5	0,128
15	1,0	0,5	0,5	0,072
16	005	1,0	0,5	0,066
17	0,5	1,0	0,5	0,062
18	1,0	1,0	0,5	0,06
19	0,0	0,0	1,0	0,97
20	0,5	0,0	1,0	0,88
21	1,0	0,0	1,0	0,78
22	0,0	0,5	1,0	0,18
23	0,5	0,5	1,0	0,12
24	1,0	0,5	1,0	0,065
25	0,0	1,0	1,0	0,062
26	0,5	1,0	1,0	0,058
27	1,0	1,0	1,0	0,056

1-кестедегі ТФЭ матрицасы интеллектуалды модельдердің үш түрін оқытуға қызмет етеді: бұлдыр модель, нейрондық желілер, бұлдыр нейрондық модель.

Бұлдыр модель. Matlab [4] жүйесінің графикалық құралдарын пайдалана отырып, бұлдыр моделді әзірлеу үшін үш кіріс және бір шығыс айнымалылар үшін мүшелік функцияларын анықтаумен және бұлдыр өндіріс ережелерін қалыптастыру арқылы жүзеге асырылды, яғни 1-кестедегі әрбір эксперименттің өз өнімділік ережесі бар, мысалы:

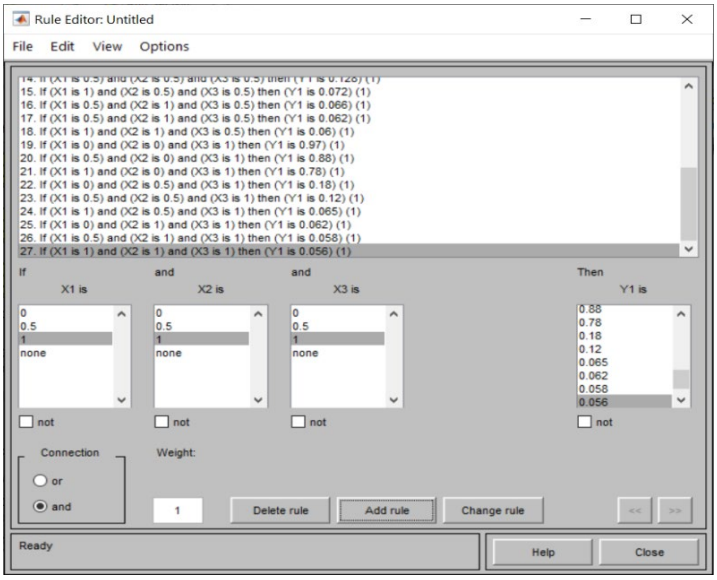
1-ереже: «егер x1 тең 0» және «x2 тең 0,5» және «x3 тең 0» болса, онда «y тең 0,98»;

2-ереже: «егер x1 тең 0,5» және «x2 тең 0,0» және «x3 тең 0» болса, онда «y тең 0,91»;

3-ереже: «егер x1 тең 1» және «x2 тең 0,0» және «x3 тең 0,0» болса, онда «y тең 0,82»;

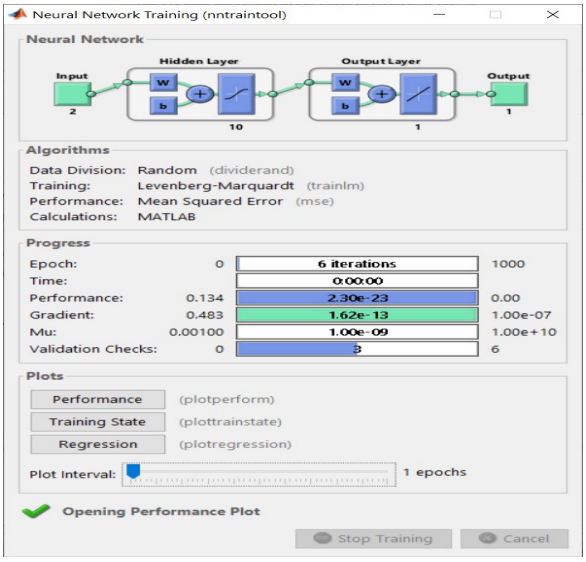
4-ереже: «егер x1 тең 1,0» және «x2 тең 0,0» және «x3 тең 0,0» болса, онда «y тең 0,21».

Өндіріс ережелері 1-кестедегі барлық 27 эксперимент үшін бірдей құрастырылған (2-сурет). Matlab таңдалған бұлдыр қорытындылау алгоритмімен (Мамдани алгоритмі) барлық қажетті процедураларды орындағаннан кейін, сары фосфорды тұндыру процесінің бұлдыр моделі синтезделді (2-сурет).



Сурет 2. Сары фосфордың тұндыру процесінің бұлдыр моделі

Нейрондық желі моделі. Нейрондық желі MatLAB ортасының командалық терезесінен nntool модулінің көмегімен құрастырылды. Әрі қарай кіріс деректерін және олардың сәйкес нәтижелерін енгізіп, нейрондық желі түрін таңдап (3-сурет) және оны оқыту жүргізілді.

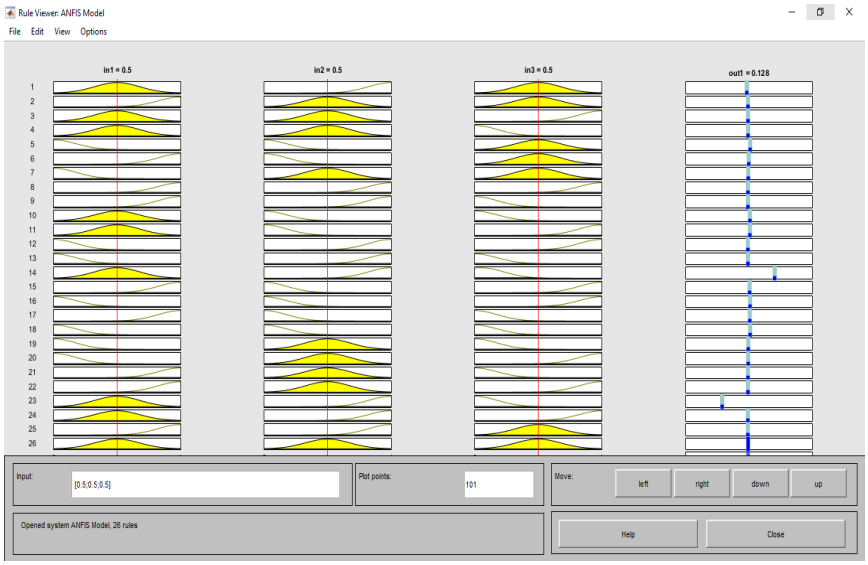


Сурет 3. Нейрондық желіні оқытуды жүргізу

Нейро-бұлыңғыр модель. MATLAB жүйесінде нейро-бұлыңғыр қорытынды моделін құруға, оқытуға, құрылымын визуалдауға, параметрлерін өзгертуге және реттеуге, сондай-ақ реттелген желіні бұлдыр қорытынды нәтижелерін алу үшін пайдалануға мүмкіндік беретін ANFIS редакторы бар.

Біз Gridpartition торды бөлу әдісін таңдадық, оған сәйкес анық емес терминдердің мүшелік функциялары деректер өзгерістерінің ауқымында біркелкі таратылады. Білім қоры 1-кестедегі барлық мүмкін ережелер нұсқаларын қамтиды. Ережелердің тұжырымдарындағы коэффициенттер нөлге тең деп алынды.

Модельді сынақ үлгісінде сынау үшін бұлдыр жүйе тесті блогында (Test FIS) сынақ деректері (Testingdata) таңдалды. Сынақ нәтижелері ANFIS редакторының негізгі терезесінде көрсетіледі. MatLab нейро-бұлыңғыр желісі үшін 27 ереже құрды (4-сурет).



Сурет 4. Нейро-бұлыңғыр модель

Үлгілердің барлық үш түрінің сәйкестігі бойынша салыстырмалы зерттеулердің нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

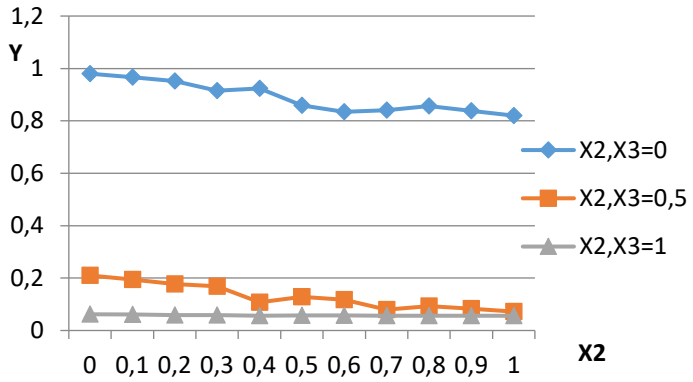
Кесте 2

Интеллектуалды модельдердің дәлдігін салыстырмалы талдау

№	Дұрыс жауап	Бұлдырлогика	Нейрондық желі	Бұлдырнейронды қжелі
1	0,98	0,125	0,92878	0,9800
2	0,91	0,5	0,64418	0,9100
3	0,82	0,837	0,76134	0,8200
4	0,21	0,67	0,10231	0,2100
5	0,124	0,09	0,16383	0,1240
6	0,07	0,5	0,32048	0,0700
7	0,065	0,13	0,057247	0,0650
8	0,06	0,79	0,060076	0,4897
9	0,058	0,211	0,077015	0,0580
10	0,99	0,211	0,82057	0,9900
11	0,92	0,5	0,059733	0,4783
12	0,82	0,79	0,98687	0,8200
13	0,21	0,79	0,2648	0,2100
14	0,128	0,168	0,10334	0,1280
15	0,072	0,5	0,11462	0,0720
16	0,066	0,5	0,056963	0,0700
17	0,062	0,5	0,056963	0,0700
18	0,06	0,5	0,072156	0,0600
19	0,97	0,13	0,98728	0,9700
20	0,88	0,13	0,98837	0,8800
21	0,78	0,5	0,98956	0,7800
22	0,18	0,79	0,5749	0,1800
23	0,12	0,79	0,862	0,1200
24	0,065	0,5	0,774	0,0650
25	0,062	0,79	0,11218	0,0620
26	0,058	0,5	0,059589	0,0579
27	0,056	0,79	0,059069	0,0560
Қателік		18,05%	16,22%	3,27%

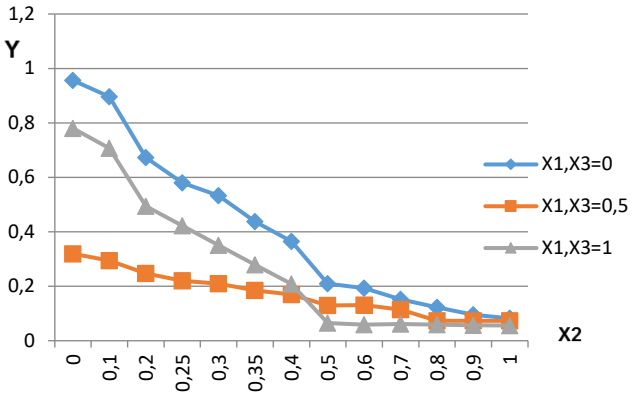
2-кестенің талдауы ең барабарлы бұлдыр нейрондық модель екенін көрсетті, оның абсолютті қателігі 3,2% құрайды. Осыған байланысты төменде сары фосфордың тұндыру процесін модельдеу нәтижелерін тек осы модель арқылы қарастырамыз.

3. Бұлдыр нейрондық желінің көмегімен тұндыру процесін модельдеу.5-суретте шикізат температурасы X1 (№5 цехтан алынған сары фосфор) функциясы ретінде тұнба жинағыштың өнімділігіне (тұндыру ұзақтығы - Y) байланысты нейро-бұлыңғыр модельдеу нәтижелері көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, X2 («шлам:P_4» қатынасы) және X3 (су температурасы) мәндері ең аз болғанда, X1 сары фосфордың температурасы диапазонының барлық ауқымында өнімділік жеткілікті төмен, сонымен бірге тұндыру уақыты 1,0-ден 0,8-ге дейін төмендейді. Алайда, X2 және X3 орташа және жоғары мәндерінде тұндыру ұзақтығы күрт төмендейді (яғни, тұнба жинағыштың өнімділігі артады), бірақ ол тұнба жинағышқа кіретін сары фосфор температурасының (X1) артуына да әсерлі түрде өзгермейді.



Сурет 5. Тұндыру ұзақтығының сары фосфор температурасына тәуелділігі

Бұл сандардағы қисықтардың өзгеру сипатынан көрініп тұрғандай, тұндыру ұзақтығының X2 өзгерістеріне тәуелділігі X3-ке қарағанда әлдеқайда жоғары. Сонымен бірге, 2-5-суреттегі графиктерден X2 және X3 орташа және үлкен мәндерінде тұндырғыштың өнімділігі күрт өсетіні анық көрінеді. Дегенмен, 6-суреттегі графиктер тұндыру уақыты негізінен «шлам:P_4» қатынасына байланысты екенін көрсетеді, ал 7-суреттегі қисық сызықтар өнімділіктің тұндырғыш қаптамасындағы судың температурасына іс жүзінде тәуелсіз екенін көрсетеді.

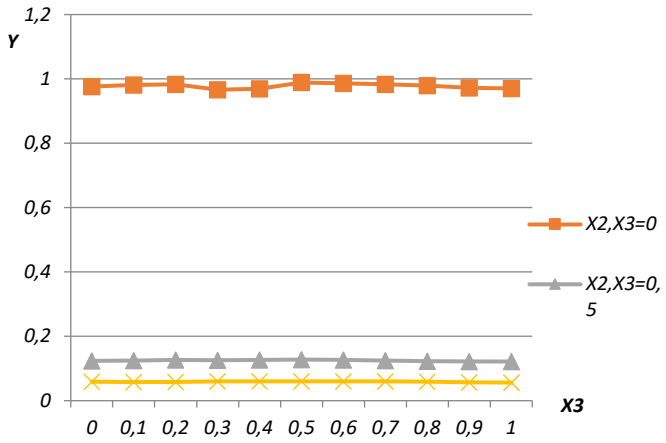


Сурет 6. Тұндыру уақытының «шлам: P_4» қатынасының өзгеруіне тәуелділігін модельдеу нәтижелері

Осылайша, модельдеу нәтижелері тұндырғыштың өнімділігі көп дәрежеде «шлам: P_4» қатынасына, аз дәрежеде фосфор температурасына тәуелді екенін және су температурасының өзгеруіне іс жүзінде тәуелсіз екенін көрсетті (7-суретті қараңыз).

Бірақ бұл тұндыру процесін бақылау кезінде тұндырғыш қаптамасындағы судың температурасын есепке алудың қажеті жоқ дегенді білдірмейді, өйткені сары фосфордың агрегаттық күйі оған байланысты: 70°C-тан төмен температурада фосфор қатты күйге өтеді және тұну процесі тоқтайды, өйткені ол шламмен бірге түбіне қалады, ал 95°C-тан жоғары болғанда сары фосфор булануға бастайды - бұл оның тікелей жоғалуы. Сонымен қатар, температураны бақылау тұнба процесін қауіпсіз

пайдаланудың маңызды факторы болып табылады, өйткені фосфор жарылғыш болып табылады.



Сурет 7. Тұндырғыш қаптамасындағы судың температурасына тұндыру уақытының тәуелділігі

5, 6 және 7-суреттерде берілген нейро-анық емес модельді қолдану арқылы модельдеу нәтижелері сары фосфордың тұндыру процесінің физикалық заңдарымен жақсы сәйкес келеді. Сары фосфорды тұндыру процесі түсті металлургия мен химия өнеркәсібінде қолданылатын сұйық ортадағы шламды тұндыру процестерінен айтарлықтай ерекшеленетінін атап өткен жөн. Шындығында, тұнбаның (зиянды компонент) белгілі процестерінен айырмашылығы, біздің жағдайда тұнба емес, сары фосфордың өзі шөгеді. Бұл жағдайда тұнба тұндырғыштың бетіне қалқып шығады.

Бұл факт фосфорды тазарту процесін шламды тұндырудың белгілі процестерінен түбегейлі ажыратады. Тұнбаны тұндырудың жеткілікті дамыған теориясы сары фосфордың тұндыру процесін сипаттау үшін жұмыс істемейді. Бұл теорияға сәйкес, тұнба концентрациясы неғұрлым жоғары болса, қоюлатқыштың өнімділігі соғұрлым төмен болады (немесе тұнбаның тұндыру уақыты ұзағырақ). Бұл әсер тұнба бөлшектерінің шектелген шөгуімен түсіндіріледі – олардың концентрациясы неғұрлым жоғары болса, тұнба бөлшектерінің шектеулері соғұрлым жоғары болады, өйткені бөлшектер бір-біріне көбірек әсер ете бастайды, олардың шөгу жылдамдығын бәсеңдетеді. Фосфорлы жауын-шашын жағдайында бәрі керісінше болады: лайдың концентрациясы неғұрлым жоғары болса, тұнбаның ұзақтығы соғұрлым қысқа болады (немесе тұндырғыштың өнімділігі соғұрлым жоғары), бұл 5-суреттен анық көрінеді және мыналармен расталады: 6 және 7-суреттердегі графиктер. Бұл әсер біздің жағдайда шөгіндіде шөгіндінің жоғарғы жағында жиналатын тұнба емес, фосфордың тұндырылуымен түсіндіріледі. Фосфор бөлшектерінің концентрациясы неғұрлым төмен болса, олардың тұндырғыш түбіне шөгу процесі соғұрлым тезірек жүреді екен. Ал егер сары фосфордың концентрациясы жоғары болса, онда оның бөлшектерін топтастыру әсері олардың шөгу жылдамдығын төмендетеді.

Осылайша, 5, 6 және 7-суреттерде көрсетілген графиктер сары фосфордың тұндыру процесінің физикалық заңдарымен жақсы сәйкес келеді және оның математикалық модельдері болып табылады.

4. Сары фосфорды тұндыру процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмі. Жоғарыда атап өтілгендей, тауарлы фосфордың сапасын шламның ұзақтығын өзгерту арқылы бақылауға болады – ол неғұрлым жоғары болса, тауарлық фосфордың сапасы соғұрлым таза болады, яғни тауарлы фосфордағы шламның мөлшері минималды болады.

Дегенмен, бүкіл бөлімнің өнімділігі тұндырудың ұзақтығына да байланысты – тұндыру уақыты неғұрлым ұзақ болса, бөлімнің өнімділігі соғұрлым төмен болады.

Сондықтан шламды өңдеудің тиімділігі операторлардың шеберлігіне байланысты - P_4 тауарлық фосфордың көрсетілген сапасына қол жеткізу керек және сонымен бірге бүкіл бөлімнің өнімділігін төмендетпеу керек.

Осылайша, шикі фосфор шламын өңдеу процесін *оңтайлы басқару міндеті* келесідей: «Төменгі шламды бөлудің өнімділігін арттыру кезінде тауарлы фосфордың қажетті сапасына қол жеткізу».

Тұндыру процесін модельдеудің синтезделген нейро-бұлыңғыр моделі және оның зерттеу нәтижелері (5, 6 және 7-суреттер) он тұндырғыштың әрқайсысындағы X1, X2 және X3 өзгеруіне байланысты сары фосфорды (Y) құю ұзақтығын нақты уақыт режимінде болжауға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, сары фосфорды тұндыру процесін оңтайлы басқару стратегиясы мынадай болады:

Операторға он тұндырғыштың әрқайсысындағы сары фосфорды тұндыру ұзақтығының болжамы туралы ақпарат бар, сол арқылы сары фосфор мен шламды сорып алатын суасты сорғыларды қосу арқылы басқара алады. Бұл жағдайда ең қысқа тұндыру ұзақтығы бар тұндырғыштан фосфор мен шламды максималды ұзақтықтағы тұндырғыштан алынған көлемнен көп алуға мүмкіндік береді.

Осылайша, интеллектуалды модель операторға кез келген уақытта 10 тұндырғыштың қайсысы «нашар» (ең көп тұндыру уақыты) және қай тұндырғыш «жақсы» (ең аз тұндыру уақыты) туралы ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Бұл ақпаратты өңдеу арқылы оператор «жақсы» тұндырғыштардан көбірек фосфор мен шламды, ал «жаман» тұндырғыштардан азырақ сорып алады.

Бұл жерде интеллектуалды басқару жүйесі операторға «жақсы» және «нашар» тұндырғыштар туралы ақпаратты алдын ала беруге мүмкіндік беретінін атап өткен жөн, осылайша фосфор мен шламды айдау үшін суасты сорғыларының қисынсыз қосылуын және өшірілуін болжауға болады.

Сонымен қатар, оператор тұндыру процесін көзбен бақылай алмайды, өйткені тұндырғыш жабық объект болып табылады, яғни объектінің бақылау мүмкіндігі нөлге тең. Бұл жағдайларда оператор сары фосфорды сақтау резервуарына (1-суреттегі 2-позиция) түскен шламды тым кеш байқап, бөлімнің жұмысында ақау тудыруы мүмкін.

Зерттеу нәтижелеріжәне оларды талқылау. Осылайша, оператор «жақсы» тұндырғыштарды жылдам босатуға (1-суреттегі 1-позиция) және «нашар» тұндырғыштарды баяу босатуға мүмкіндік алады. Сонымен қатар, оператор алынған үлгілердегі сары фосфордың «тазалығын» бақылау үшін тұндырғыштарды тексеру қажеттігі аз болады, бұл оның жұмысын жеңілдетеді және уақытының көп бөлігін тұндырғыштардан фосфор мен шламды айдау жылдамдығын реттеу процесіне көбірек уақыт бөлуге мүмкіндік береді.

Басқаша айтқанда, бұл жағдайда тұндыру процесін оңтайлы басқарудың негізгі мақсаты шешіледі: «Бүкіл тұндыру бөлімінің өнімділігін максималдандыра отырып, тауарлы фосфордың қажетті сапасын алу».

Қауіпсіздік мақсатында зауыт басшылығы ашық цикл режимінде, яғни, операторға кеңес беру режимінде, интеллектуалды басқару жүйесін өнеркәсіптік сынақтан өткізу туралы шешім қабылдады. Бұл жағдайда өндірістік сынақтар екі кезеңде жүзеге асырылды:

– тұндырма бөлімін басқару процесінде компьютердің араласуынсыз екі апта бойы цех жабдықтарының жұмыс көрсеткіштерін бақылау өлшемдерін;

– нақты уақыт режимінде компьютерлік ұсыныстарды жүзеге асыратын операторлармен екі апта бойы интеллектуалды басқару алгоритмдерін тестілеу.

Салыстырмалы талдау ұсынылып отырған бақылау алгоритмдерінің оң бағасын көрсетті: дайын өнімнің үлестік шығымдылығы 5%-ға артты, ал тауарлы сары фосфордың сапасы 3%-ға жақсарды.

Қорытынды. Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде келесі нәтижелер алынды:

– тұндырғыштардағы тұнба мен фосфордың әрекетін сипаттайтын интеллектуалды модельдер синтезделді және үш технологияны қолдану арқылы зерттелді: бұлдыр және нейро-бұлыңғыр алгоритмдер және нейрондық желілер. Бұл жағдайда үш кіріс және бір шығыс айнымалысы үшін ТФЭ матрицалары пайдаланылды: X_1 – фосфор температурасы (70°С-80°С); X_2 – «шлам: P_4» қатынасы (60%-40%); X_3 – тұндырғыш қаптамасына құйылатын ыстық судың температурасы (70°С-95°С);Y – тұндыру ұзақтығы;

– болжау дәлдігі үшін барлық синтезделген модельдерге зерттеулер жүргізілді, ал нейро-бұлыңғыр модельдер адекваттылықтың жоғары дәрежесін және сары фосфорды тұндыру және тазарту кезінде пайда болатын физика-химиялық заңдылықтарға қайшы келмейтінін көрсетті;

– интеллектуалды алгоритмдердің өнеркәсіптік сынақтары оң нәтиже көрсетті: дайын өнімнің үлестік шығымдылығы 5%-ға артты, ал тауарлы сары фосфордың сапасы 3%-ға жақсарды.

Әдебиеттер тізімі

1. Авторское свидетельство №985. Метод синтеза оптимальных систем управления технологическими процессами [Текст] / Сулейменов Б.А., Сугурова Л.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 28 мая 2015 г.
2. Авторское свидетельство № 0665. Метод синтеза системы оперативной диагностики состояния турбоагрегатов тепловых электростанций (произведение науки) [Текст]/ Сулейменов Б.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 12 апреля 2016 года.
3. Авторское свидетельство № 986. Методика создания автоматизированной системы оперативной диагностики состояния технологического оборудования (произведение науки) [Текст]/ Сулейменов Б.А, Сугурова Л.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 28 мая 2015 года.
4. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzTECH[Текст]/ А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
5. Abdel-Ghafar H.M., Abdel-Aal E.A., Ibrahim M.A.M., El-Shall H., Ismail A.K. Purification of high iron wet-process phosphoric acid via oxalate precipitation method // Hydrometallurgy, 2019. Vol. 184, No 7. P.236.

6. Aguel S., Meddeb Z., Jeday M.R. Parametric study and modeling of cross-flow heat exchanger fouling in phosphoric acid concentration plant using artificial neural network // Journal of Process Control, 2019. Vol. 84. P.133-145.
7. [?] Data Democracy: Atthe Nexus of Artificial Intelligence, Software Development and Knowledge Engineering Edited by Feras A. Batarseh // Academic Press. – 2020. Vol.2, No 1. P.266.
8. Khamparia A., Pandey B., Pandeyc D. K., Gupta D., Khanna A., Hugo V. Comparison of RSM, ANN and fuzzy logic for extraction of oleonolic acid from ocimum sanctum // Computers in Industry, 2020. Vol. 117. P.24-26.
9. Offermans T., Szymańska E., Buydens L.M.C., Jansen J.J. Synchronizing process variables in time for industrial process monitoring and control // Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 140. P.25-28.
10. Rafiei M., Ricardez-Sandoval L.A. Integration of design and control for industrial-scale applications under uncertainty: a trust region approach //Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 141. P.25-27.
11. Silhavy F., Radek T. Artificial Intelligence and Algorithms in Intelligent Systems // Editors:Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference, 2018. Vol. 2. P.118-121.
12. Silhavy F., Radek T. Cybernetics and Automation Control Theory Methods in Intelligent Algorithms // Proceedings of 8th Computer Science On-line Conference, 2019. Vol. 3, No. 17. P.19-21.
13. Suleimenov B. A, Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics (methods of synthesis and application) // Shikula: Almaty, 2016. – P.207.
14. Yang Li, Jianhua Zhang, Wu Qiong. Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems. Emerging Methodologies and Applications in Modelling // Academic Press, 2018. Vol.1. P.186.
15. Chang D, Liu J, Mao N, Ge S. Measurement and analysis of virgin-rock temperature in Huanren metal mine // In: Proceedings of the Third International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. – Montreal, QC, Canada, 2016. – P. 204.
16. He G., Dang Y., Zhou L., Dai Y., Que Y., Ji X. Architecture model proposal of innovative intelligent manufacturing in the chemical industry based on multi-scale integration and key technologies //Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 141. P.45-48.
17. Mark K., Robert O. Software Engineering for Embedded Systems. // Newnes, 2019. Vol.12. P.154
18. Paulino N.M.G., Foo M., Kim J., Bates D.G. On the stability of nucleic acid feedback control systems //Automatica, 2020. Vol. 119. P.67-68.
19. Trabelsi W., Tlili A. Phosphoric acid purification through different raw and activated clay materials (Southern Tunisia) // Journal of African Earth Sciences, 2017. Vol. 129. P.647-658.

Материал редакцияға 20.06.2024 түсті.

Б.А. Сулейменов

Казахский национальный исследовательский технический университет имени Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ФОСФОРА

Аннотация. В условиях рыночной экономики существует острая необходимость внедрения оптимальных систем управления технологическими процессами в таких отраслях, как цветная и черная металлургия, химическая

промышленность, нефтехимия. Эти системы могут помочь более эффективно использовать минеральные ресурсы, экономить энергию, снижать воздействие на окружающую среду и повышать эффективность производства. Активная разработка и внедрение таких оптимальных систем управления началась в 1960-1980-х годах, однако значимые автоматизированные системы пока не получили широкого распространения. Это связано с чрезвычайной сложностью физических и химических явлений в современных промышленных процессах, что затрудняет создание адекватных математических моделей.

В последнее время наметилась тенденция к использованию современных интеллектуальных технологий, способных использовать знания, опыт и интуицию экспертов. Использование методов искусственного интеллекта при проектировании оптимальных систем управления существенно упростило их разработку, улучшило модели управления и повысило эффективность. Поэтому актуальной задачей является разработка и внедрение интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления различными технологическими процессами, в том числе в фосфорной промышленности.

В тексте предлагается использовать новые интеллектуальные алгоритмы для управления сложным технологическим процессом - очисткой фосфора от мышьяка и органики на Новоджамбылском фосфорном заводе (НДФЗ).

Ключевые слова: желтый фосфор, очистка фосфора, органика, модели интеллектуального управления, нейронные сети.

B.A. Suleimenov

Kazakh National Research Technical Universitynamed after Satpaev, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INTELLIGENT ALGORITHMS FOR OPTIMAL CONTROL OF THE PHOSPHORUS PURIFICATION PROCESS

Abstract. In a market economy, there is a critical need to introduce optimal control systems for technological processes in industries like non-ferrous and ferrous metallurgy, the chemical industry, and petrochemicals. These systems can help use mineral resources more efficiently, save energy, reduce environmental impact, and increase production efficiency. The active development and implementation of such optimal control systems began in the 1960s-1980s, but significant automated systems have not yet been widely adopted. This is due to the extreme complexity of the physical and chemical phenomena in modern industrial processes, which makes it difficult to create adequate mathematical models.

Recently, there has been a trend toward using modern intelligent technologies that can leverage the knowledge, experience, and intuition of experts. The use of artificial intelligence methods in designing optimal control systems has significantly simplified their development, improved control models, and increased efficiency. Therefore, the urgent task is to develop and implement intelligent control models (algorithms) for various technological processes, including those in the phosphorus industry.

The text proposes using new intelligent algorithms to control a complex technological process - the purification of phosphorus from arsenic and organics at the Novodzhambyl Phosphorus Plant (NDPP).

Keywords: yellow phosphorus, phosphorus purification, organics, intelligent control models, neural networks.

References

1. Suleymenov B.A., Sugurova L.A., Suleymenov A.B. Avtorskoyesvidetelstvo No. 985. Metodsintezaoptimalnykh system

upravleniyatekhnologicheskimiprotsessami[Author's certificate No. 985. Method of systhesis of optimal control system for technological processes]. Publ. dated May 28, 2015, [in Russian].
2. Suleymenov B.A., Suleymenov A.B. Avtorskoyesvidetelstvo No. 0665. Metodsintezasistemyoperativnoydiagnostikisostoyaniyaturboagregatovteplovykhel ektrostanciy (proizvedenienauki) [Author's certificate No. 0665. Method of systhesis of a system for operational diagnostics of the state of turbine units of thermal power plants (work of science)]. Publ. dated April12, 2016, [in Russian].
3. Suleymenov B.A., Sugurova L.A., Suleymenov A.B. Avtorskoye svidetelstvo No. 986. Metodikasozdaniyaavtomatizirovannoysistemyoperativnoydiagnostikisostoyaniyat ekhnologicheskogooborudovaniya (proizvedenienauki) [Author's certificate No. 986. Methodology for creating an automated system for operational diagnostics of the state of technological equipment (work of science)]. Publ. dated May 28, 2015, [in Russian].
4. Leonenkov, A.B. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and FuzzTech]. – St.Petersburg: BHV-Petersburg, 2003. – 736 p., [in Russian].
5. Abdel-Ghafar H.M., Abdel-Aal E.A., Ibrahim M.A.M., El-Shall H., Ismail A.K. Purification of high iron wet-process phosphoric acid via oxalate precipitation method // Hydrometallurgy, 2019. Vol. 184, No 7. P.236.
6. Aguel S., Meddeb Z., Jeday M.R. Parametric study and modeling of cross-flow heat exchanger fouling in phosphoric acid concentration plant using artificial neural network // Journal of Process Control, 2019. Vol. 84. P.133-145.
7. [?] Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development and Knowledge Engineering Edited by Feras A. Batarseh // Academic Press. – 2020. Vol.2, No 1. P.266.
8. Khamparia A., Pandey B., Pandeyc D. K., Gupta D., Khanna A., Hugo V. Comparison of RSM, ANN and fuzzy logic for extraction of oleonolic acid from ocimum sanctum // Computers in Industry, 2020. Vol. 117. P.24-26.
9. Offermans T., Szymańska E., Buydens L.M.C., Jansen J.J. Synchronizing process variables in time for industrial process monitoring and control // Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 140. P.25-28.
10. Rafiei M., Ricardez-Sandoval L.A. Integration of design and control for industrial-scale applications under uncertainty: a trust region approach // Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 141. P.25-27.
11. Silhavy F., Radek T. Artificial Intelligence and Algorithms in Intelligent Systems // Editors: Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference, 2018. Vol. 2. P.118-121.
12. Silhavy F., Radek T. Cybernetics and Automation Control Theory Methods in Intelligent Algorithms // Proceedings of 8th Computer Science On-line Conference, 2019. Vol. 3, No. 17. P.19-21.
13. Suleimenov B. A, Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics (methods of synthesis and application) // Shikula: Almaty, 2016. – P.207.
14. Yang Li, Jianhua Zhang, Wu Qiong. Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems. Emerging Methodologies and Applications in Modelling // Academic Press, 2018. Vol.1. P.186.
15. Chang D, Liu J, Mao N, Ge S. Measurement and analysis of virgin-rock temperature in Huanren metal mine // In: Proceedings of the Third International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. – Montreal, QC, Canada, 2016. – P. 204.
16. He G., Dang Y., Zhou L., Dai Y., Que Y., Ji X. Architecture model proposal of innovative intelligent manufacturing in the chemical industry based on multi-scale

integration and key technologies // Computers & Chemical Engineering, 2020. Vol. 141. P.45-48.
17. Mark K., Robert O. Software Engineering for Embedded Systems. // Newnes, 2019. Vol.12. P.154
18. Paulino N.M.G., Foo M., Kim J., Bates D.G. On the stability of nucleic acid feedback control systems // Automatica, 2020. Vol. 119. P.67-68.
19. Trabelsi W., Tlili A. Phosphoric acid purification through different raw and activated clay materials (Southern Tunisia) // Journal of African Earth Sciences, 2017. Vol. 129. P.647-658.

ҒТАМР 20.51.19

Қ. Бөлеев[1] – *негізгі автор*, ©
Л.К. Болеева[2]

[1]*Пед. ғылым. д-ры, профессор,* [2]*Пед. ғылым. канд., доцент*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0000-0595-539X* [2]*https://orcid.org/0000-0002-4298-3135*

[1]*Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз инновациялық институты, Тараз қ., Қазақстан*
[2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

@ [1]*boleyevk@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/DHTW2683

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРДІҢ ОҚУШЫЛАРҒА ҰЛТТЫҚ ТӘРБИЕ БЕРУГЕ ДАЯРЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ-СТАТИСТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» атты түпнұсқа эксперименталды бағдарламаларды пайдалана отырып, болашақ мұғалімдерді даярлаудың тиімділігіне математикалық-статистикалық талдау жасалып, болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындығы бағаланады. Талдау этнопедагогикалық білім, іскерлік, дағды сияқты мазмұн мен оқу процесінің элементтерін жүйелеуге негізделген.

Сауалнама нәтижелерін өңдеу және статистикалық бағалаудың математикалық орындалуы дербес компьютерде Excel электрондық кестесінде жүзеге асырылды. Жұмыста болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық білім беруге дайындығын математикалық-статистикалық бағалау процесінде ақпараттық технологиялар қолданылады.

Тірек сөздер: ақпараттық технологиялар, Excel кестелік процессоры, математикалық және статистикалық бағалау, этнопедагогика, ұлттық тәрбие, даярлық көрсеткіштері.

Бөлеев, Қ. Ақпараттық технологияларды қолдана отырып, болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге даярлық көрсеткіштерін математикалық-статистикалық бағалау [Мәтін] / Қ. Бөлеев, Л.К. Болеева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.405-425. https://doi.org/10.55956/DHTW2683

Кіріспе. Ұрпақ тәжірибесі мен тарихи сабақтастықты ескере отырып, жеке тұлғаны адамгершілік жағынан жетілдірудің іргетасы ретінде ұлттық сананы қалыптастыру және ұлттық қадір-қасиетке тәрбиелеу – этнопедагогикалық білімнің басты міндеті. Қазіргі Қазақстанның жаңартылған даму парадигмасы жағдайында ұрпақтар тәжірибесі мен тарихи сабақтастықты ескере отырып, тұлғаны тәрбиелеудің негізі ретінде мұғалімдердің педагогикалық дайындығы білім берудің өзекті саласы болып табылады.

Қазақ халқының педагогикалық мұрасын зерделеу, ұлттық тәрбиенің дәстүрі мен әдет-ғұрпын сақтау, ұлттық мектепті дамыту жұмыстары авторлар әзірлеген «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының

тарихы» бағдарламаларының негізін құрайды. Республиканың жоғары оқу орындарының базасында болашақ мұғалімдерді даярлау үдерісіне енгізілген бұл эксперименттік бағдарламалар өз тиімділігін көрсетті.

Болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындығын өлшеу мақсатында авторлар математикалық және статистикалық талдаудың әмбебап құралдарын пайдаланды. Мазмұны мен оқу процесінің негізгі элементтері – білім, іскерлік, дағдыны жүйелеу және жүйелеу арқылы талдау жүргізілді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмыстарын жүргізген кезде әдеби дереккөздерге талдау жасадық; сандық және сапалық әдістер: бақылау, сұхбат, сұрақ-жауап, сараптамалық сауалнама; математикалық және статистикалық талдау.

Әдеби дереккөздерді талдау барысында біз отандық, жақын және алыс шет елдердің, eLIBRARY.RU ғылыми электронды кітапханасының және басқа да көптеген ғылыми басылымдардың материалдарын пайдаландық.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбиеге даярлық көрсеткіштерін олардың этнопедагогикадан білімдерін, этнопедагогикалық іскерліктері мен этнопедагогикалық дағдыларын анықтау арқылы көрсетуге болады. Сол үшін «этнопедагогикалық білім», «этнопедагогикалық іскерлік», «этнопедагогикалық дағды», «этнопедагогикалық даярлық критерийлері» ұғымдарына мынадай анықтамалар жасадық:

Болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық білімдері деп олардың этнопедагогикадан алған теориялық білімдерін айтамыз.

Болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық іскерлігі олардың педагогикалық практика кезінде этнопедагогикалық білімдерді қолдану қабілетіне ие болуы.

Болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық дағдысы олардың педагогикалық практика кезінде оқушыларға ұлттық тәрбие беруге қажетті этнопедагогикалық, іскерліктерінің дамып, қалыптасуы.

Болашақ мұғалімдердің, этнопедагогикалық даярлық критерийлері - олардың педагогикалық практика кезінде оқушыларға ұлттық тәрбие беру бойынша іс-әрекеттерінің жиынтығы.

Болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық білімдері туралы мәліметтерді әр түрлі ғылыми зерттеу әдістерін қолданып анықтадық. Олар: болашақ мұғалімдерден қазақ этнопедагогикасының бағдарлама сұрақтары бойынша жазбаша жұмыс алу; этнопедагогикадан семинарлық және практикалық сабақтарда алған бағалары; этнопедагогикадан рефераттық хабарламалары; этнопедагогикадан ағымдағы тексерістерде тестілік сұрақтар бойынша алған балдары; семестр соңында алған есептеулері мен емтихан бағалары т.б. жатады.

Бұған параллель болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбиеге даярлығын біз олардың этопедагогикалық білімдері, іскерліктері мен дағдыларының көрсеткіштерінен анықтадық. Бұл көрсеткіштері олардың практикалық іс-әрекеттерінің барысында қалыптасатын болғандықтан, оларды педагогикалық практика өткізіп болған соң талдадық. Студенттердің этнопедагогикалық іскерліктері мен дағдыларын анықтау үшін біз әр түрлі әдістерді пайдаландық. Мұнда этнопедагогикалық теориялық білімдерді болашақ мұғалімдердің педагогикалық практика кезінде қолдану іс-әрекеттері негізге алынды. Оларға: болашақ мұғалімдердің педагогикалық практика кезінде мектеп оқушыларымен этнопедагогикалық тақырыптарға әңгімелер

өткізуі; өз пәндерінен этнопедагогикалық мазмұнды сабақтар өткізуі; этнопедагогикадан сыныптан және мектептен тыс жұмыстар формалары мен әдістерін ұйымдастырып өткізуі (экскурсиялар, кештер, конференциялар, үйірмелер, көрмелер, тәрбие сағаттары т.б.); ата-аналар арасында этнопедагогикалық білімдерді насихаттау жатады. Сондай-ақ студенттер жұмыстарына мектептегі пән мұғалімдерінің, сынып жетекшілерінің, сыныптан және мектептен тыс жұмыстарды ұйымдастырушы-педагогтің, арнайы пән әдіскерлерінің, психология және педагогика кафедраларының оқытушыларының ой-пікірлері; студенттердің этнопедагогикадан ғылыми-зерттеу жұмыстары (ғылыми баяндамалар, курстық және дипломдық жұмыстар); педагогикалық практика бойынша есептері т.б. ескеріледі.

Болашақ мұғалімдерін этнопедагогикалық білімдерін, іскерліктері мен дағдыларын тексеру үшін «Этнопедагогикалық мәліметтер қоры» құрылды. Онда 500-дей сұрақтар жинақталған. Оларды алғашқы, ағымдағы, аралық және қорытынды бақылауларда кенінен пайдаландық. Сонда студенттердің әр бақылауда этнопедагогикалық оқу материалдарын меңгерулері әр түрлі болып алынады, яғни олардың бағасы да әр түрлі болады. Енді сол сұраулардан бірнешеуін 1-кестеде келтірелік.

Кесте 1

Болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық даярлықтарын анықтау үшін пайдаланылған сұрақтар (тестілеу және әңгімелесу үшін)

Сұраулар	Баллдар
1	2
I. Этнопедагогикалық білімдерді тексеру үшін	
1. «Халық педагогикасы» деген не?	
2. «Этнопедагогика» қандай ғылым?	
3. Халық педагогикасының асыл арналары мен көздерін атаңыз	
4. Қазақэтнопедагогикасындағы тәрбие әдістерін атаңыз	
5. Қазақ этнопедагогикасындағы тәрбие факторларын атаңыз	
6. Қазақ этнопедагогикасындағы отбасы тәрбиесінің түрлерін атаңыз	
7. Қазақ этнопедагогикасындағы ақыл-ой тәрбиесінің әдістері мен құралдарын атаңыз	
8. Қазақ этнопедагогикасындағы дене тәрбиесінің әдістері мен құралдарын атаңыз	
9. Қазақ, этнопедагогикасындағы құқықтық тәрбиенің құралдары мен әдістерін атаңыз	
10. Қазақ этнодидактикасы қандай ғылым ?	
11. Әдет-ғұрып деген не?	
12. «Салт» және «дәстүр» ұғымдарына анықтамалар беріңіз	
13. Қазақтың бала тәрбиесіне байланысты салт-дәстүрлерін атаңыз	
14. Қазақ ауыз әдебиетінің жанрларын атаңыз	
II. Этнопедагогикалық іскерліктер мен дағдыларды тексеру үшін	
15. Өз оқу пәніңізден қазақ этнопедагогикасын пайдаланып, сабақ өткізе аласыз ба?	
16. Этнопедагогикалық тақырыптарға оқушылармен экскурсия өткізе аласыз ба?	
17. Этнопедагогикалық тақырыптарға оқушылармен конференция өткізе аласыз ба?	
18. Этнопедагогикалық тақырыптарға оқушылармен әңгіме өткізе аласыз ба?	

1-кестенің жалғасы

1	2
19. Этнопедагогикалық тақырыптарға оқушылармен кештер өткізе аласыз ба?	
20. Қазақ этнопедагогикасынан үйірме жұмысын жүргізе аласыз ба?	
21. Қазақ этнопедагогикасынан баяндама жасай аласыз ба?	
22. Қазақ этнопедагогикасынан реферат жасай аласыз ба?	
23. Қазақ этнопедагогикасынан курстық жұмыс орындай аласыз ба?	
24. Қазақэтнопедагогикасынан дипломдық жұмыс орындай аласыз ба?	
25. Қазақ этнопедагогикасын ата-аналар арасында насихаттай аласыз ба?	

Болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбиеге даярлық көрсеткіштерін түрлі ғылыми-педагогикалық зерттеу әдістерімен анықтадық. Онда олардың этнопедагогикалық білімдері, іскерліктері мен дағдылары бойынша алынған нәтижелер тәжірибелі эксперименталды және бақылау топтарында балдық жүйеменбағаланды.

«Қазақ этнопедагогикасы» мен «Қазақэтнопедагогикасының тарихы» бағдарламалары [1], оларға сай оқу құралдарымен [2] эксперименталды оқытуға барлығы 5000 аса студент қатысты. Олардың этнопедагогикалық білімдері, іскерліктері мен дағдылары дәстүрлі әдістермен бағаланды, ал соңғы жылдары рейтингтік жүйемен анықталынуда. Мысалы, 1991-2023 оқу жылдары қазақ этнопедагогикасы мен оның тарихы бойынша 363 студент қатысты, олардың есептеуде алған бағалары 2-кестеде берілген.

Кесте 2

Қазақ этнопедагогикасы және оның тарихы бойынша студенттердің үлгерімі

Қатысқан студенттер саны	Бағалар			
	5	4	3	2
363	119	182	62	-

Кестеден болашақ мұғалімдердің пәнге қызығуы ерекше болғанын көруге болады, 16,4% «орта» баға, ал қалған 83,6% «өте жақсы» және «жақсы» деген бағалар алып, «есептелген» екен. Бұдан ол курстарды оқу жоспарларына ендіріп, оқу пәндері етіп оқытуға толық негіз болды.

«Қазақ этнопедагогикасы» оқу пәнінен семинарлықсабақтарға студенттер өте қызығып, өз беттерінше берілген әдебиеттерді тауып, ата-аналарынан қосымша материалдар біліп, сабақтар ерекшебелсенділікпен танымдықжәне тәрбиелік бағытта өтеді. Мысалы, соны үш жылда қазақ тілі және әдебиеті мамандығы студенттерінің семинар сабақтарынан алған бағаларын 3-кесте арқылы көрсетуге болады.

Кесте 3

«Қазақ этнопедагогикасы» оқу пәнінен студенттердің үлгерімі

Қатысқан студенттер саны	Бағалар			
	5	4	3	2
121	76	34	11	-

Ал қазақ этнопедагогикасының тарихы мәселелері бойынша семинар сабақтарында студенттер әр мәселеге байланысты тарихи шолу, қазақ халқының өмірі, тұрмыс-тіршілігі, салт-дәстүрлері, өнері туралы тарихи

материалдар, жеке тұлғалардың еңбектеріне терең талдау, оларды мектептің оқу-тәрбие процесінде пайдалану жолдарын нақты мысалдармен дәлелдеп айтады. Мысалы, педагогика факультетінің бастауыш сынып мұғалімдері «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәнінен семинар сабақтарында 100% - «4» пен «5» деген бағалар алып, сол бағаларын емтиханда тестілік сұрақтарға жауап беруде қайта дәлелдеп, өздерінің сапалы білім алғанын көрсетті.

«Қазақ этнопедагогикасы» оқу пәнінен студенттердің білімін рейтингтік жүйе бойынша анықтауға көшуімізге байланысты, ол пәннен үш модульден тұратын жұмыс бағдарламасын құрдық. Онда әр модульде лекциялық және семинарлық сабақтарға бөлінген сағат саны, пайдаланылатын көрнекіліктер, әр сабақтарда бақылау формалары, пайдаланылатын әдебиеттер тізімі жасалынған. Сондай-ақ, жұмыстық бағдарламада тестілеуге және жазбаша жұмыстар алуға қажетті сұраулар, студенттердің оқу-зерттеу және ғылыми-зерттеу жұмыстарының тақырыптары, келісім хаттамасы, пән үшін технологиялық карта, аралық бақылаудың жоспары берілген.

«Қазақ этнопедагогикасы» оқу пәнінен қорытынды бақылауда эксперименталды (55 студент) және бақылау (57 студент) топтарында жұмыстық, бағдарлама мазмұнына сай келетін арнайы 1-кестеде берілген 1-14 сұрақтар бойынша тестілеу және әңгімелесу арқылы студенттердің этнопедагогикалық білімдерін тексердік. Нәтижелердің салыстырмалы берілгендері 4-кестедегідей болып шықты.

Кесте 4

«Қазақ этнопедагогикасы» оқу пәнінен студенттердің этнопедагогикалық білімдерінің салыстырмалы нәтижелері

Сұрақтардың реті	1	4	8	10	14
Эксперименталды тобының дұрыс жауаптар саны	38	32	37	31	23
Бақылау тобының дұрыс жауаптар саны	31	25	21	24	18

Эксперименттің нәтижесі Пирсонның χ^2-статистикалық критерий әдісімен өңделді [3].

Алынғандардың дәлелділігін тексеру үшін мынадай формуланы пайдаланамыз:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{k} \frac{(n_j - n'_j)^2}{n_j} \quad (1)$$

мұндағы: n_j – эксперименталды топтағы дұрыс жауаптардың саны; n'_j – бақылау тобындағы дұрыс жауаптардың саны.

Еркіндік дәрежесі былай анықталады:

$$f = (\nu - 1) \cdot (\omega - 1), \quad (2)$$

мұндағы, ν,ω – кестенің қатар және бағаналар сандары, яғни$f = (5 - 1) \cdot (2 - 1) = 4$. Мәнділік деңгейі 0,05 % деп аламыз.

Сонда χ^2 – критерийінің статистикалық кестесі бойынша 4-ке тең еркіндік коэффициенті және алынған мәнділік деңгейі үшін критикалық мән

$$\chi^2_{\text{кест.}}(f; \alpha) = \chi^2_{\text{кест.}}(4; 0{,}05) = 9{,}488.$$

$$\chi^2_{\text{экс.}}=\frac{(38-31)^2}{38}+\frac{(32-25)^2}{32}+\frac{(37-21)^2}{37}+\frac{(31-24)^2}{31}+\frac{(23-18)^2}{23}=12{,}407.$$

Сонда $\chi^2_{\text{экс.}}$ = 12,407≥ $\chi^2_{\text{кест.}}$ = 9,488 болды.

Ал қазақ тілі мен әдебиеті, бастауыш мектеп педагогикасы мен оқыту әдістемесі мамандықтарының IV курс студенттері (60 студент эксперименталды тобы, 59 студент бақылау тобы) педагогикалық практикадан келген соң олардың этнопедагогикалық іскерліктері мен дағдыларының қалыптасуын арнайы 1-кестеде берілген 15-25 сұрақтармен тексергендегі нәтижелер 5-кестедегідей болып шықты.

Егер кестедегі берілгендерді статистикалық өңдесек, онда

$$\chi^2_{\text{экс.}} = 11{,}678 \geq \chi^2_{\text{кест.}}(4;\,0{,}05) = 9{,}488$$

Кесте 5

Студент-практиканттардың этнопедагогикалық іскерліктері мен дағдыларының қалыптасуының салыстырмалы нәтижелері

Сұрақтардың реті	15	17	19	23	25
Эксперименталды тобының дұрыс жауаптар саны	51	49	47	53	43
Бақылау тобының дұрыс жауаптар саны	35	38	41	42	36

Демек, болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге даярлықтарын тексеруден алынғаннәтижелердің дәлелді және маңызды екендігі көрініп тұр. Бұдан болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге даярлықтары олардың практикалық іс-әрекеттері арқылыанықталатыны шығады. Сонда «Болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие беруге даярлық критерийлеріне» олардың оқушыларға ұлттық тәрбие беру бойынша мынадай іс-әрекеттері алынады: пән сабақтарында оқушыларға ұлттық тәрбие беру; сыныптан және мектептен тыс жұмыстарда оқушыларға ұлттық тәрбие беру; сынып жетекшілік жұмысында ұлттық тәрбие беру; ата-аналар арасында ұлттық тәрбиенінасихаттауы.

Сонымен, болашақ мұғалімдерді «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» атты оқу пәндерінің мазмұндары арқылы оларды оқушыларға ұлттық тәрбие беруге толығымен даярлауға болатыны дәлелденді. Сондықтан олар болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындаудың теориялық ғана емес, практикалық негіздері де болып саналады.

Егер болашақмұғалімдер этнопедагогикалық білімдерді меңгеріп, солардың негізінде этнопедагогикалық іскерліктері мен дағдылары қалыптасса, онда болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбиеге дайындау процесі тиімді болар еді. Болашақ мұғалімдерді «Қазақ этнопедагогикасы» және оның тарихы мәселелері бойынша этнопедагогикалық дайындықтан жүйелі өткізіп, оның нәтижесін сапалы және сандық көрсеткіштермен сипаттадық. Осылайша жоғары педагогтік оқу орнына оқытудың жаңа технологиясын ендірдік. Енді оның тиімділігін арттырудың математикалық-статистикалықбағалауына көшелік.

Жоғары мектептеоқытудыңжаңа технологияларының тиімділігін зерттеу екі бағытта жүргізіледі:

– студенттердің танымдық (когнитивтік) жетістіктері;
– студенттердің оқытудың жаңа технологиясына қатынасы.

Бірінші бағытта оқытудың жаңа технологиясын ендіру нәтижесінде алынған білімдер, іскерліктер мен дағдылар бағаланады. Онда студенттердің екі тобы: бақылаушы топ оқу материалын дәстүрлі тәсілдермен, ал екінші эксперименталды топ – оны жаңа технологиямен оқиды. Оқу процесі аяқталған соң екі топтың алған білімдері бірдей тәсілмен бағаланады. Алынған нәтижелерді салыстыру студенттердің жаңа технологияны қолданғанда даярлық деңгейлерінің өсу дәрежесін көрсетуге мүмкіндік береді.

Екінші бағытта студенттер жағынан оқытудың жаңа технологиясына қатынасын бағалауы. Осы қатынасты анықтау тәсілдерінің бірі студенттермен оқыту нәтижелерін талқылау, соның барысында олар оқытудың жаңа технологиясына баға береді.

Осы бағыттарды болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындауда жүзеге асырудың нәтижелерін қарастырайық. Қазір Қазақстанның педагог мамандықтарын даярлайтын жоғары оқу орындарында болашақ мұғалімдерді ұлттық тәрбиеге дайындауда қазақ этнопедагогикасының материалдары үш түрлі жолмен пайдаланылуда:

1. «Педагогика» және «Педагогика тарихы» оқу пәндеріне қосымша ретінде;
2. Зерттеу проблемаларына байланысты арнайы курстар мен семинарларда және факультативтерде оның элементтері;
3. Ал біз қазақ этнопедагогикасының материалдары тұтастай «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» оқу пәндерін пайдаландық.

Біздің жұмысымызда оқытудың *жаңа технологиясы* дегенді жаңа «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» оқу пәндерін оқытуда студенттердің этнопедагогикалық білімдерінің, іскерліктерінің және дағдыларының қалыптасуы деп түсінеміз. Ал оқытудың *дәстүрлі технологиясында* студенттерге этнопедагогикалық білім «Педагогика», «Педагогика тарихы», арнайы курстар мен семинарлар және факультативтер арқылы беріледі.

Енді оқытудың жаңа технологиясы мен оқушыларға ұлттық тәрбие беруді тиімді жүзеге асыратын студенттердің этнопедагогикалық даярлық деңгейінің арасындағы байланыстың барлығын көрсетейік. Ал бұл байланыс жұмыста эксперименталды түрде тексерілген, бірақ ол белгілердің байланысы математикалық аппаратты нақты пайдаланбай, дәлелденді деп саналмайды. Математикада факторлар мен белгілердің арасындағы байланыстың сандық өлшемі корреляция коэффициентінің көмегімен өрнектеледі. «Корреляция» термині сандық вариацияланатын құбылыстар белгілерінің байланысын тағайындау пайдаланылады. Дегенмен, құбылыстардың белгілері сандық формада өрнектеуге болмайтын жағдайда белгілі бір қиындықтар туады. Мысалы, педагогикалық зерттеулерде қарастырылған белгілердің тек қана сапалық вариациялары бар: оқыту формасы, оқыту әдістері, білімдер сапасы, білімдер деңгейі, даярлық деңгейі т.б. көрсеткіштерінің сандық өлшемдері жоқ.

Сапалы өзгеретін белгілердің арасындағы қатынастар бар жағдайда олардың өзара байланыстылығы немесе ассоциациясы бар деп айтуға болады. Белгілердің ассоциациясы өзара байланысқан «иә – жоқ», «жақсы – жаман», «келісемін – келіспеймін» деген жауаптардың көмегімен зерттеледі. Осындай белгілердің арасындағы байланысты зерттеуде сандық статистикалық

материал төрт торлы ассоциация кестесі (2х2) түрінде орналастырылады. Бақыланатын мәндер жеке белгілердің білінуін сипаттайтын жиіліктермен көрінеді.

Біз қарастырып отырған белгілер альтернативтік вариациясымен білінеді, яғни оқыту формасы жаңа технология және дәстүрлі технологиямен (басқа сөзбен, эксперименталды және бақылау топтары), этнопедагогикалық даярлық деңгейі этнопедагогикалық іс-әрекетті жүзеге асыру қабілетінің болуы (оқушылармен ұлттық мазмұнды сабақтар, сыныптан және мектептен тыс жұмыстар өткізу т.б.) және болмауы арқылы көрінеді.

Екі топтағы бақылаулардың нәтижелері мынадай ассоциация кестесіне ендірілді (6-кесте).

Кесте 6

Студенттердің этнопедагогикалық іс-әрекеттерін бақылау нәтижелері

Студенттер тобы	Студенттер саны	
	Этнопедагогикалық іс-әрекетті жүзеге асыру қабілеті бар	Этнопедагогикалық іс-әрекетті жүзеге асыруға қабілеті
Бақылау тобы	6 (q_{11})	30 (q_{12})
Эксперименталды топ	32 (q_{21})	4 (q_{22})

Байланысты өлшеу үшін К.Пирсон ұсынған ассоциация коэффициенті пайдаланылады [3]:

$$\Ф = \frac{q_{11} \cdot q_{22} - q_{12} \cdot q_{21}}{\sqrt{q_1 \cdot q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_2}} \quad (3)$$

мұндағы $q_{11}, q_{12}, q_{21}, q_{22}$- ассоциация кестесінің элементтері, ал

$$q_1 = q_{11} + q_{12}, \quad q_2 = q_{21} + q_{22}, \quad Q_1 = q_{11} + q_{21}, \quad Q_2 = q_{12} + q_{22},$$

Есептеудің нәтижелері 7-кестеде келтірілген.

Кесте 7

Студенттердің этнопедагогикалық іс-әрекеттерін бағалау нәтижелері

q_{11} = 6	q_{12} =30	q_1 =36
q_{21} =32	q_{22} =4	q_2 =36
Q_1 =38	Q_2 =34	

Сонда:

$$\Ф = \frac{6 \cdot 4 - 30 \cdot 32}{\sqrt{36 \cdot 36 \cdot 38 \cdot 34}} = \frac{-936}{1293{,}998} = -0{,}72334.$$

Ассоциация коэффициентінің абсолюттік мәнінің бірге жақындығы қарастырылған белгілердің өзара тура тығыз байланысы туралы куәлендіреді.

Ф-тің мәні бойынша оқытудың жаңа технологиясы мен студенттердің этнопедагогикалық даярлықтарының арасында күшті жеткілікті байланыстың бар екендігін шамалауға болады. Осы қорытындының статистикалық маңыздылығын тексеру үшін χ^2 – критерийін («Хи-шаршы балама») қолданамыз. Статистикалық әдебиеттерде:

$$\chi^2 = n \cdot \Phi^2$$

екені көрсетілген, мұндағы, n- барлық жиіліктердің қосындысы.

χ^2 – шамасының төрт торлы кесте үшін бір еркіндік дәрежесі болады, өйткені

$$f = (\nu - 1) \cdot (\omega - 1) = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1,$$

мұндағы, ν, ω - кестенің қатар және бағаналар сандары.

χ^2 – критерийінің көмегімен зерттеп отырған құбылыстардың арасында байланыс бар ма, жоқ па екенін тура бағалауға болады, дегенмен, критерий ол байланыстың күші туралы қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді. Сонда байланыстың күшін [-1;1] интервалында мәндер қабылдайтын ассоциация коэффициенті бағалайды.

Біздің мысалымыз үшін $\chi^2_{\text{экс.}}$=37,67183 болады. Мәнділік деңгейі α = 0,05 деп аламыз. Сонда χ^2 – үлестірімнің статистикалық кестесі бойынша 1-ге тең еркіндік коэффициенті және алынған мәнділік деңгейі үшін критикалық мән $\chi^2_{\text{кест.}}(5\%, 1) = 3{,}841$ алынады.

$\chi^2_{\text{экс.}} \geq \chi^2_{\text{кест.}}$болғандықтан, онда зерттеп отырған белгілердің арасында статистикалық мәнді байланыс бар деген қорытынды жасаймыз.

Сонымен, біздің ұсынған оқытудың жаңа технологиясы мен студенттердің этнопедагогикалық даярлықтарының арасында күшті статистикалық байланыс барлығы дәлелденді, ал одан болашақ мұғалімдердің оқушыларға тиімді ұлттық тәрбие беруге даярлығы бар екендігі шығады.

Математикалық-статистикалық инструментарийі пайдалануда бағалау мен өлшеудің толығырақ, жетілдірілген әдістері нәтижелердің шамамен қалыпты үлестірімде болуын қамтамасыз етеді.

Шындығында, студенттердің этнопедагогикалық даярлықтарының белгілері әр түрлі мәндер алады, оны осы уақытқа дейін біз екі альтернативтік топқа бөлдік студенттер этнопедагогикалық іс-әрекеттерді жүзеге асыруға қабілетті немесе қабілетсіз. Дегенмен, студенттің жалпы дайындықдеңгейінің арнайы дайындықдеңгейінің, интеллект деңгейінің, жеке қабілеттігінің және басқа да факторларға байланысты оның этнопедагогикалық даярлығын бірнеше сатылар бойынша өлшеуіштік шкалалауға болады. Мынадай жағдай туындайды: бір белгінің (*x*) мәндері бірнеше саты бойынша өлшеуіштік шкалаланған, ал сол уақытта басқа белгі (*y*) «иә –жоқ», «келісемін – келіспеймін» формасында альтернативтік вариацияға ғана ие болады. Осыған ұқсас құбылыстардың арасындағы байланыс *бисериальдық корреляция* деп аталады. Мұнда айнымалы *x*қалыпты үлестірімге жатады деп болжамданады. Айнымалы *x*-тің қалыпты үлестірімге жатуын өлшеудің жетілдірілген әдістерімен қамтамасыз етуге болады.

Егер айнымалы *y*-тін үлестірімі туралы еш нәрсе белгісіз болса, онда *нүктелік-бисериальды корреляция* коэффициенті $r_{\text{н}-\text{бис}}$ есептелінеді. Егер айнымалы *y*-ті де қалыпты үлестірімге жатқызуға болады деп болжамдасақ, онда бисериальды корреляция коэффициенті $r_{\text{бис}}$ есептелінеді.

Біз бақылау және эксперименталды топтардың студенттерінің этнопедагогикалық даярлық деңгейлері әр түрлі деп болжамдағандықтан, сол деңгейлерді анықтау үшін алдын ала зерттеу жүргіздік. Сол мақсатта екі топтың студенттеріне олардың этнопедагогикалық даярлық деңгейлерін анықтау бойынша анкеталық сұраулар ұсындық (8-кесте).

Кесте 8

Студенттердің этнопедагогикалық даярлық, деңгейін анықтау анкетасы

Мақұлданылуы	Келісемін	Бейтарап қатынасамын	Келіспеймін
1. Мен ұлттық мазмұнды сабақтар өткізе аламын	+		
2. Мен ұлттық мазмұнды тәрбиелік іс-шаралар өткізе аламын		+	
3. Мен ұлттық мазмұнды экскурсия өткізе аламын			+
4. Мен ата-аналар арасында ұлттық тәрбиені насихаттай аламын		+	

Осы анкета бақылау тобының 36 студенті мен экспериментальды топтың 36 студентіне ұсынылды. Нәтижесінде өткізілген анкеталаудың сандық бағасын жасау проблемасы туды. Қорытынды нәтижелері келесі 9-кестеге түсірілді.

Кесте 9

Студенттердің этнопедагогикалық даярлығын сипаттайтын деңгейлерді жүзеге асыратын қабілеттердің салыстырмалы нәтижелері

Студенттердің даярлық деңгейлері	Этнопедагогикалық даярлықты сипаттайтын деңгейлер жүзеге асыратын қабілетті студенттер саны					
	Бақылау тобы			Эксперименталды топ		
	иә	білмеймін	жоқ	иә	білмеймін	жоқ
1. Ұлттық мазмұнды сабақтар өткізу	6	10	20	28	3	5
2. Ұлттық мазмұнды тәрбиелік іс-шаралар өткізу	15	15	6	30	2	4
3. Ұлттық мазмұнды экскурсия өткізу	2	5	29	21	7	4
4. Ата-аналар арасында ұлттық тәрбиені насихаттау	4	29	3	25	5	6

Алынған сапалық нәтижелерді сандық көрсеткіштерге келтіру үшін рангтер шкаласы бойынша өлшеу жүргіземіз. Мұнда берілгендерді тізбектелген байланыссыз рангілерарқылы өрнектеуге болады. Шкаладағы нөлдік нүкте өлшенетін айнымалының жоқ екендігіне сәйкес келеді.

Жауаптар келтірілген пікірлермен келісу қатынасы бойынша үш балдық жүйе арқылы бағалардың қосынды әдісімен бағаланады: «келісемін» – 1 балл, «бейтарап қатынасамын» – 0 балл, «келіспеймін» – (-1) балл.

Бір студенттің балдары барлық сұрақтар бойынша қосындыланады. Алынған қосынды – сол студенттің балы. Сонан соң барлық сұралған студенттер балдары бойынша рангтерге бөлінеді.

Берілген жағдайда әрбір студенттің жалпы қорытынды балы оның толық сапалы сипаты деп санауға болмайды, өйткені шкалалау процесінің міндеті сапалы белгілерді сандық белгілерге жеткізу механизмін жасау.

Онан әрі әрбір студенттің қосынды балының әрбір этнопедагогикалық даярлық деңгейіне сай келетін жиіліктер кестесі салынады (10-кесте).

Кесте 10

Әрбір топ үшін студенттердің этнопедагогикалық даярлық деңгейлері

Студенттердің этнопедагогикалық даярлық деңгейлері (x)	Топтар	
	бақылау	эксперименталды
-4	10	0
-3	6	0
-2	2	2
-1	2	2
1	8	1
2	2	6
3	2	5
4	2	20

Бисериальды корреляция коэффициенті мына формула бойынша есептеледі [4]:

$$r_{\text{бис}} = \frac{n_0}{n} \cdot \frac{\bar{x}_0 - \bar{x}}{s_x \cdot \varphi(\lambda)}, \quad (4)$$

мұндағы: n_0 – элементтері ең аз санды бағанадағы бақылаулардың көлемі; n – бақылаулардың жалпы көлемі; $\bar{x}_0$ – элементтері ең аз санды бағана бойынша есептелген x белгісінің орташа мәні; $\bar{x}$ – барлық жиынтық бойынша есептелген x белгісінің орташа мәні; s_x – $\bar{x}$-ка салыстырғандағы x белгісі мәндерінің қалыпты ауытқуы, ол мына формула бойынша есептеледі:

$$s_x = \sqrt{s_x^2} \quad (5)$$

$$s_x^2 = \frac{\sum_{k=1}^{m} (x_k - \bar{x})^2 \cdot h_k}{n-1} \quad (6)$$

$$n = \sum_{k=1}^{m} h_k \quad (7)$$

мұндағы: x_k – x белгісінің жеке мәндері; h_k – бақылауқатарындағыx_kмәнінің неше рет кездесетінін көрсететін жиілігі; $\bar{x}$ – жүгенделген орташа шама, ол мына формула бойынша есептеледі:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^{m} x_k \cdot h_k}{\sum_{k=1}^{m} h_k} \quad (8)$$

$\varphi(\lambda)$ – абсциссасы λ нүктедегі қалыпты үлестірім тығыздығының мәні, ол үшін

$F(\lambda) = 1 - \frac{n_0}{n}$ қатынасы орын алады.

мұндағы, $F(\lambda)$ −кездейсоқ λ шамасының үлестірімдік функциясы.

Біздің бақылауларымыз үшін $n_0 = 34, n = 70,$

$\bar{x}_0$ =−1,1176, $\bar{x}$ =0,91429, s_x = 3,02522, $\frac{n_0}{n}$ = 0,48571,

$F(\lambda)$ =0,51429 белгілі меніне $F(\lambda)$үлестірімдік функциясын есептеу үшін арналған белгілі статистикалық кестені пайдаланып, λ=0,036 абсциссаны табамыз. Табылған абсцисса үшін қалыпты қисықтың ординатасын (екінші мекендігін) табуға арналған белгілі статистикалықкесте $\varphi(\lambda) = 0{,}39868$ сәйкес келетін мәнін табамыз.

Нәтижесінде $r_{\text{бис}} = -0{,}8183$ болып шығады.

Бисериальды корреляция коэффициенті [-1;1] интервалындағы мәндерді қабылдайды.$r_{\text{бис}}$ – коэффициентінің алынған шамасы бойынша мынадай қорытынды жасауға болады; студенттердің этнопедагогикалық даярлықдеңгейлерімен және біздіңжаңа оқыту технологиямыздың арасында күшті байланыс бар.

Бисериальды корреляция коэффициентінің мәнділігін тексеру Стьюденттің *t*-критерийі көмегімен жүзеге асырылады. Ол бойынша корреляция коэффициенті Стьюденттің үлестіріміне $f = n - 2$ еркіндік дәрежесімен бағынатын *t*кездейсоқ шамамен байланысты (*n*- бақылаулар саны). Есептелген

$$t_{\text{эксп}} = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

критерийдің эксперименталды мәні Стьюдент критерийінің кестелік мәнімен салыстырылады, ал ол Стьюдент үлестірімдігінің статистикалық кестеде α мәнділік деңгейі және f еркіндік дәреженіңберілген мәндерімен анықталады.

Стьюдент критерийінің қолдану ережесі:

егер$|t_{\text{эксп}}| \geq t_{\text{кест}}(\alpha\%;\ f)$ болса, онда айнымалылар арасындағы байланыс - мәнді. Қарсы жағдайда – байланыстыңжоқ екендігі туралы болжам дұрыс болады.

Біздің жағдайда $t_{\text{эксп}} = -7{,}105$, $\alpha = 0{,}05\%$, *f=68.*

$t_{\text{кест}}$(0,05%; 68)=3,4408.

$|t_{\text{эксп}}| \geq t_{\text{кест}}$ болғандықтан, студенттердің этнопедагогикалық даярлықдеңгейлері мен біздің ұсынған оқытудың жаңа технологиясы арасындағы байланыс мәнді екен.

Анкеталаудың нәтижелерін өңдеу және статистикалық бағалаудың математикалық өңделуі компьютерде EXCEL-кестелік процессорде жүзеге асырылды. Компьютерлік жүзеге асырудың басылымы төмендегі 1-суретте берілген. Жоғарыда жорамалдағандай, егер айнымалы *y* альтернативтіквариациясы болса (бақылау және эксперименталды топтар), онда корреляция нүктелік-бисериальды болады дедік. Бұл жағдайда белгілердің арасындағы байланыстын қарқындылығы келесі коэффициенттің көмегімен өлшенеді [5]:

$$r_{\text{н.–бис.}} = \frac{\bar{x}_0 - \overline{x_1}}{n \cdot s_x} \cdot \sqrt{n_0 \cdot n_1} \qquad (9)$$

мұндағы: $\overline{x_1}$ – элементтері ең көп санды бағана бойынша есептелген x белгісінің орташа мәні; n_1 – элементтері ең көп санды бағанадағы бақылауларының көлемі.

Біздің жағдайда $\overline{x_1}$=2,8333; n_1 =36; $n_0 \cdot n_1$ =1224;$\sqrt{n_0 \cdot n_1}$=34,9857.

Сонда нүктелік-бисериальды корреляция коэффициенті $r_{\text{н.–бис.}} = -0{,}6527$ болады. Бұдан x және y арасындағы байланыс бисериальдыкорреляциядағы байланыстан сәл де болса нашар екені шығады, өйткені біз айнымалы yүшін қалыпты үлестірімді болжамдаған жоқпыз.

Қорытынды: студенттердің этнопедагогикалық даярлықдеңгейлері мен оқытудың жаңа технологиясы арасында орташа, салыстырмалы күшті байланыс бар.

Нүктелік-бисериальдық оффициенттің мәнділігі Стьюденттің t-критерийінің көмегімен тексеріледі:

$t_{\text{эксп}}$=-11,739,$t_{\text{кест}}$(0,05%; 68)=3,4408.

$|t_{\text{эксп}}| \geq t_{\text{кест}}$ болғандықтан, онда студенттердің этнопедагогикалық даярлықдеңгейлерінің және біздің жаңа технологиямен оқытуымыздың арасындағы байланыс мәнді екен.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Бисериальды және нуктелік-бисериальды корреляция									
2	коэффициенттерінің есептелуі									
3										
4	Деңгейлер	Бақылау тобы	Эксперт оп	Барлығы					шаршы	
5	-4	10	0	10	-40	0	-40	-4,914	24,15	241,502
6	-3	6	0	6	-18	0	-18	-3,914	15,322	91,9298
7	-2	2	2	4	-4	-4	-8	-2,914	8,4931	33,9722
8	-1	2	2	4	-2	-2	-4	-1,914	3,6645	14,658
9	1	8	1	9	8	1	9	0,0857	0,0073	0,06612
10	2	2	6	8	4	12	16	1,0857	1,1788	9,4302
11	3	2	5	7	6	15	21	2,0857	4,3502	30,4514
12	4	2	20	22	8	80	88	3,0857	9,5216	209,476
13	**қосынды**	**34**	**36**	**70**	**-38**	**102**	**64**			**631,486**
14										
15	n_0=	34								
16	n=	70								
17	x_0 орташа	-1,1176								
18	x орташа	0,91429								
19	S_x=	3,02522								
20	n_0 / n=	0,48571		n_0 / n_1=		0,9444				
21	F(x)=	0,51429		корень (n_0 / n_1)=		0,9718				
22	лямбда=	0,036		$n_0 * n_1$=		1224				
23	фи(лямбда)=	0,39868		корень ($n_0 * n_1$)=		34,986				
24										
25	$r_{бис}$ =	-0,8183								
26	$r_{н.-бис}$ =	-0,6527								
27										
28	t стьюд(бис.)=		-7,105							
29	t стьюд(н.-бис.)=		-11,74							

Сурет 1. Бисериальды және нүктелік коэффициенттерінің есептелуі

Сонымен, біздің жаңа технологиямен оқытудың тиімділігін зерттеу, студенттердің этнопедагогикалық білімдері, іскерліктері мен дағдылары «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін оқыту процесінде олардың этнопедагогикалық даярлықтарын арттыруда мүмкіндіктері жоғары екені, яғни болашақ мұғалімдердің оқушыларға ұлттық тәрбие берудегі даярлықтары жоғары болғанын дәлелдеді.

Зерттеудің нәтижелерін, дәлелділігін және мәнділігін математикалық статистиканың инструментарийін пайдаланып дәлелдеу арқылы мынадай қорытынды жасауға болады: этнопедагогикалық пәндердің оқытылуына және сапасына неғұрлым көп көңіл бөлінсе, соғұрлым студенттердің этнопедагогикалық білімдері, іскерліктері мен дағдылары жоғары болады. Сондықтан «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін педагог кадрлар даярлайтын жоғары оқу орындарының оқу жоспарына базистік оқу пәндері ретінде ендіріп, оқыту керек. Сол жана пәндерді оқыту ғана студенттердің этнопедагогикалық білімдерін, іскерліктері мен дағдыларын кеңейтуге, молайтуға мүмкіндік береді. Ал этнопедагогикалық материалдарды «Педагогика», «Педагогика тарихы» оқу пәндеріне немесе этнопедагогикадан арнайы курстар мен семинарлар және факультативтерде пайдалану ондай мүмкіндіктер жасамайды. Этнопедагогикалық материалдарды тұтастай пән етіп оқытуда алған білім мәнді, тиянақты және тиімді болады, ал ол болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындаудың тиімділігін арттырудың ен басты шарты және жолы деп қорытындылауға негіз болды.

Жана «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» оқу пәндерін ендіру болашақ мұғалімдік мамандықтар студенттерін дайындау практикасына студенттердің оқыту сапасы туралы пікірлерінің жақсаруына әкеп соқты. Оқытушылар оқыту процесінде этнопедагогикалық материалдарды пайдалану студенттердің жалпы этнопедагогикалық теориялық материалды түсінуінің жақсарғанына және оқытудың жаңа технологиясына қатынасын анықтауға болатынына көздері жетті.

Оқыту процесінде этнопедагогикалық материалдарды пайдалануға студенттердің қатынасын анықтаудың басты әдісі - анкеталау. Бул әдіс арқылы студенттер оқытудың құралдары мен әдістерін ғана бағалап қоймай, олар өздерінің болашақ мамандықтарында этнопедагогикалық материалдарды пайдалану қабілетіне де ие болады.

Мысал ретінде III-IV курстар студентерімен анонимдік анкеталау бойынша алынған жауаптардың нәтижелерін келтірелік. Олармен екі жыл бойы «Қазақ этнопедагогикасы» жан «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» курстары бойынша лекциялық, семинарлықсабақтар және педагогикалық практика кезінде практикалық іскерліктер мен дағдылардыңқалыптасуы жүргізілді. Анкеталау көмегімен студенттердіңоқылған курстарға қатынасын анықтадық. Ол үшін студенттерге мынадай анкеталықсұрақтар берілді:

I. «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» курстарының ұлттық тәрбиені тиімді жүзеге асыратын мамандарды қалыптастырудағы және дайындаудағы ықпалы туралы өзініздің ой-пікіріңізді сипаттаңыз (төмендегі сол және оң жақтарындағы сипаттамалар бойынша анықталатын шкалада тиісті санды белгілеңіз):

1. Пайдалы	1	2	3	4	5	Зиянды
2. Қолайлы	1	2	3	4	5	Орынсыз
3. Жүйелейді	1	2	3	4	5	Мағынасыз
4. Артық	1	2	3	4	5	Қажетті

II. Өзіңіздің «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін оқытуға алғашқы реакцияңызды сипаттаңыз:

1. Қызық	1	2	3	4	5	Жалықтырады
2. Басады	1	2	3	4	5	Дем береді
3. Косымша жүктеме	1	2	3	4	5	Қажетті пәндер
4. Интеллектуалды арттырады	1	2	3	4	5	Зеріктіреді
5. Шиеленістіреді	1	2	3	4	5	Артық бірдеме

III. Өзіңіздің «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін оқытып біткен соң реакцияңызды сипаттаңыз:

1. Қызық	1	2	3	4	5	Жалықтырады
2. Басады	1	2	3	4	5	Дем береді
3. Косымша жүктеме	1	2	3	4	5	Қажетті пәндер
4. Интеллектуалды арттырады	1	2	3	4	5	Зеріктіреді

IV. Өзіңіздің этнопедагогика материалдарын «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін оқытуда және педагогикалық практика кезінде пайдалану тәжірибесіне реакцияңызды сипаттаңыз (келесі бір санды белгілеңіз 1 – толық келісемін, 2 – келісемін, 3 – бейтарап, 4 – келіспеймін, 5 – ешқандай келіспеймін).

1. Нақты этнопедагогикалық материалдарды пайдалану курсты толықтырады	1	2	3	4	5
2. Этнопедагогикалық материалдар курстың дәл келетін моментінде пайдаланылады	1	2	3	4	5
3. Этнопедагогикалық материалдар педагогикалық практика үшін өте жақсы құрал	1	2	3	4	5
4. Этнопедагогикалық материалдар курстың құндылығын арттырады	1	2	3	4	5
5. Этнопедагогикалық материалдарды пайдалану курстарды қиындатады	1	2	3	4	5

V. Өзіңіздің «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерінің мектепте оқушыларға ұлттық тәрбие беруді тиімді жүзеге асыра алатын маманды даярлаудағы рөлі мен орнын сипаттаңыз (келесі бір санды белгілеңіз 1 – толық келісемін, 2 – келісемін, 3 – бейтарап, 4 – келіспеймін, 5 – ешқандай келіспеймін).

1. Этнопедагогика өз алдына оқытылатын базалық пән болу керек	1	2	3	4	5
2. Этнопедагогиканы оқыту ұлттық тәрбие берудің негізі және ұлттық сананы қалыптастырудың және дамытудың кепілі	1	2	3	4	5
3. Этнопедагогика жалпы педагогикалық пәндерге жақсы қосымша	1	2	3	4	5
4. Этнопедагогикалық білімдер тек педагогикалық практика кезінде қажетті	1	2	3	4	5

5. Этнопедагогикалық білім теориялық білім, оларды арнайы курстар мен семинарларда және факультативтерде беру керек	1	2	3	4	5

Сонымен, анкетада 23 сұрақ бар, олар 5 топқа бөлінген. Бірінші топ төрт сұрақтан және төртінші топ бес сұрақтан тұрады, олар этнопедагогикалық пәндерін оқыту процесінде теориялық және практикалық білімдері мен іскерліктерін пайдалануға студенттердің қатынасын анықтауға бағытталған. Сондықтан олар бір-біріне ұқсас сияқты. Дегенмен, бірінші топ сұрақтары оқытылатын пәндер шеңберіндегі лекциялық бөлімін ескеріп, ал төртінші топ педагогикалық практиканы ескеретін оқыту әдістемесін бағалауға бағытталған. Екінші және үшінші топтардағы сұрақтар студенттердің этнопедагогикалық пәндерді оқытудағы қатынастарының өзгеруін анықтауға бағытталған. Ал бесінші топтағы сұраулар студенттердің жаңа этнопедагогикалық пәндерге басқа педагогикалық пәндер арасындағы тұтастай қатынасын анықтайды.

Студенттерге ұсынған анкета олардың оқу пәндеріне қатынастарын анықтау мақсатында берілгендіктен біз оның нәтижелерін бағалауда қатынастар шкаласын пайдаланамыз. Қатынастар шкаласы нөлдік нүктесі бар жалғыз шкала болғандықтан, онда алынған нәтижелердің сандық салыстыруларын өткізуге болады. Әрбір сұраққа жауап бес балдық шкала бойынша бағаланады:

-2	-1	0	1	2

Анкетаның оң жағындағы абсолюттік келісу сипаттамасына 2 балл сәйкес келеді, мүмкіндік келісу 1 балмен бағаланады, (-2) балл - толық келіспеу және (-1) балл – келіспеуі мүмкін. Нөлдік балл студенттің берілген сұрақ бойынша бейтарап қатынасына сай келеді. Дегенмен, респондент анкетамен танысқанда субъективтілікке немесе шәлкес пікірге салынбау үшін анкета сұрауларына теріс және оң мәндегі сұраулар да кіргізілді. Сондықтан анкеталаудың нәтижелерін бағалауға әрбір жауапқа алынған қатынастар шкала бойынша бағаланды. Әрбір жауаптың балы (құны) 2-суретте берілген.

Әрбір сұрау бойынша жауаптардың әрбір бес варианттарының жиілік және орташа баға (балмен) келесі формулалармен есептеледі [5]:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{N} \tag{10}$$

$$m_i = \sum_{j=1}^{5} k_{ij} \cdot p_{ij} \tag{11}$$

мұндағы: r_{ij}- i – сұраққа j – жауап берген студенттердің саны; j=1, 2, 3, 4, 5; i=1, … , 23; k_{ij} – i – сұраққа j – жауаптың сәйкес келетін балы; k_{ij} =-2, -1, 0, 1, 2.

		балдар						балдар				
Сұрақ	1	2	3	4	5	Сұрақ	1	2	3	4	5
1.1.	2	1	0	-1	-2	4.1.	2	1	0	-1	-2
1.2.	2	1	0	-1	-2	4.2.	2	1	0	-1	-2
1.3.	2	1	0	-1	-2	4.3.	2	1	0	-1	-2
1.4.	-2	-1	0	1	2	4.4.	2	1	0	-1	-2
2.1.	2	1	0	-1	-2	4.5.	-2	-1	0	1	2
2.2.	-2	-1	0	1	2	5.1.	2	1	0	-1	-2
2.3.	-2	-1	0	1	2	5.2.	2	1	0	-1	-2
2.4.	2	1	0	-1	-2	5.3.	-2	-1	0	1	2
2.5.	2	1	0	-1	-2	5.4.	-2	-1	0	1	2
3.1.	2	1	0	-1	-2	5.5.	-2	-1	0	1	2
3.2.	-2	-1	0	1	2						
3.3.	-2	-1	0	1	2						
3.4.	2	1	0	-1	-2						

Сурет 2. «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерінің ұлттық тәрбие берудегі рөлі мен орнын «қатынастар шкаласы» бойынша студенттердің бағалауы

Анкеталау процесіне 36 студент қатысты. Кестедегі әрбір торкөз қатардағы сұрақтың номеріне және бағанадағы жауаптың мәніне сәйкес келеді. Әрбір торкөзде екі сан тұрады: *x/y*, мұндағы *x* – тиісті баға берген студенттердің саны және *y* жалпы сұралғандар санындағы сол студенттердің бөлігі. Кестенің соңғы бағанасы берілген сұраудың орташа бағасын құрайды. Анкеталау нәтижелерінің өндеуі компьютердің EXCEL-кестелік процессорында жүзеге асырылды (3-сурет).

Алынған нәтижелерге талдау жасайық. Студенттердің көпшілігі (27) «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерін оқыту пайдалы әсер етеді деп мойындаған (1.1 сұрақ).

«Тура келеді – Орынсыз» сұрауына жауаптар студенттердің жалпы оқыту жүйесінде оқытылатын осы пәндердің орны мен рөлін қаншалықты түсінетінін көрсетеді. Балдардың орташа бағасы 0,92 жақсы деп мойындауға болады, өйткені ол оң. Дегенмен жалпы бағамен (1.1 сұрақ) салыстыруда бұл баға нашарлау.

«Жүйелейді – Мағынасыз» анкетаның 1.3 сұрауына жауаптарды талқылау күрделі. Студенттердің көпшілігі (20) оқытылатын этнопедагогикалық пәндердің жүйелейтін әсерін мойындайды. Тек 5 жауап қарама-қарсы пікірді қуаттайды. Дегенмен, студенттердің кейбір бөлігі (11) анкета сұрақтарына нақты қатынас көрсете алмады, ол бағаның орташа мәнін 0,69-ға дейін кемітеді. Біздіңше студенттердің анкета сұрақтарына нақты қатынас көрсете алмауы олардың сабаққа нашар қатысуына байланысты болса керек. Өйткені оқу пәндерінің мамандықтарды қалыптастырудағы және дамытудағы ықпалдары студенттердің болашақ мамандықтарына жауапкершілікпен қарауы бойынша ғана анықталады.

Бірінші топтың соңғы сұрағы «Артық – Қажетті» анкетадағы 1.1 сұрақ бойынша бақылаушы ретінде қосылған және мәні де сондай. 1.1 сұраққа салыстырғанда балдық бағалар шкаланың қарама-қарсы бағыты студенттер анкетаны толтыруға қандай жауапкершілікпен қарауын тексеруге мүмкіндік береді. 1.1 және 1.4 сұрақтарға жауаптар мен орташа мәндер толық келісімді, яғни «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерінің болашақ мұғалімдерді оқушыларға тәрбие беруге даярлауда әсері өте жоғары екендігін көрсетеді.

Студенттердің этнопедагогикалық білімдері мен іскерліктерінің жоғары бағасы олардың IV.3 «Этнопедагогикалық материал – педагогикалық практика үшін өте жақсы құрал» (орта баға 0,86) сұрауына жауаптарының келісілуінен көрініп тұр. Берілген сұрауға өздерінің қатынастарын анықтамағандар және қарсы пікірде болғандар жалпы сұралғандардың 1/3 бөлігін құрайды, ал бұл бөлік курс бойынша орташа үлгерімді студенттер санына сай келеді. Бұдан студенттердің бір бөлігі курс бойынша практикалық дағдыларды ала алмағанынан болса керек, өйткені ол дағдыны қалыптастыруға педагогикалық практикаға бөлінген уақыттың аздығынан деп түсіну керек.

Егер анкеталау нәтижелерін тек I және IV сұрауларға жауаптар бойынша бағаласақ, онда «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерінің ұлттық тәрбиені тиімді жүзеге асыратын мамандар даярлауда маңызы ерекше екен қорытындылауға болады.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2												
3	N=36	Жауаптар										
4	Сұрақ	1		2		3		4		5		Орта баға
5	1.1.	16	0,44	11	0,31	8	0,22	1	0,03	0	0	1,17
6	1.2.	12	0,33	12	0,33	10	0,28	1	0,03	1	0,03	0,92
7	1.3.	10	0,28	10	0,28	11	0,31	5	0,14	0	0	0,69
8	1.4.	0	0,00	1	0,03	9	0,25	12	0,33	14	0,39	1,08
9	2.1.	12	0,33	6	0,17	14	0,39	3	0,08	1	0,03	0,69
10	2.2.	4	0,11	6	0,17	10	0,28	9	0,25	7	0,19	0,25
11	2.3.	1	0,03	3	0,08	20	0,56	6	0,17	6	0,17	0,36
12	2.4.	5	0,14	5	0,14	15	0,42	9	0,25	2	0,06	0,06
13	2.5.	5	0,14	5	0,14	20	0,56	3	0,08	3	0,08	0,17
14	3.1.	18	0,50	10	0,28	6	0,17	1	0,03	1	0,03	1,19
15	3.2.	3	0,08	7	0,19	17	0,47	6	0,17	3	0,08	-0,03
16	3.3.	1	0,03	3	0,08	12	0,33	12	0,33	8	0,22	0,64
17	3.4.	9	0,25	8	0,22	12	0,33	6	0,17	1	0,03	0,50
18	4.1.	15	0,42	9	0,25	9	0,25	1	0,03	2	0,06	0,94
19	4.2.	8	0,22	17	0,47	6	0,17	5	0,14	0	0	0,78
20	4.3.	15	0,42	9	0,25	5	0,14	6	0,17	1	0,03	0,86
21	4.4.	10	0,28	7	0,19	10	0,28	7	0,19	2	0,06	0,44
22	4.5.	2	0,06	4	0,11	7	0,19	13	0,36	10	0,28	0,69
23	5.1.	5	0,14	6	0,17	12	0,33	6	0,17	7	0,19	-0,11
24	5.2.	3	0,08	8	0,22	16	0,44	7	0,19	2	0,06	0,08
25	5.3.	6	0,17	7	0,19	13	0,36	5	0,14	5	0,14	-0,11
26	5.4.	4	0,11	7	0,19	16	0,44	5	0,14	4	0,11	-0,06
27	5.5.	2	0,06	5	0,14	15	0,42	6	0,17	8	0,22	0,36

Сурет 3. «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» пәндерінің ұлттық тәрбие берудегі рөлі мен орнын «қатынастар шкаласы» бойынша студенттердің бағалауын өндеу нәтижелері

Енді I және III топтағы сұрақтарға жауаптарды салыстыра отырып, пәндерге студенттердің жыл бойына қатынастарының өзгеруін көрсетелік. II.1 «Қызық» сұрауына жыл басында баға өте жоғары 0,69 болған. Ал жыл сонында қызығуы артқан, баға 1,19-ға дейін көтерілген (III.1 сұрақ). Төрт адамның екеуі жаңапәндерді оқуға немқұрайлылықпен қараған. Алайда, бұл нәтижелерді кездейсоқ жете болмайды, өйткені сол студенттер пәндерді оқыту қосымша

жүктеме деп санаған (II.3 жәнеIII.3 сұраулары). Мұны студенттердің жалпы дайындығының деңгейлері төмен екендігімен түсіндіруге болады. Дегенмен, студенттердің бір бөлігі (8) этнопедагогикалық пәндерге оқу жылының басында бейтараптылық көрсеткенімен, жыл соңында олар пәнге қызығушылар жағына шыққан.

Біздің жағдайымызда студенттер педагогикалық практика кезінде этнопедагогикалық материалдар олардың интеллектуалдық байлығын арттыратынына, педагог-тәрбиеші құзыреттерін атқаруда олар өте қажет екендігін сезінуінде (II.4 және III.4 сұрауларға жауаптарды салыстырыңыз).

II.2, II.4, II.5, III.2 (орташа бағалар нөлге жақын) сұрауларына жауаптар бойынша қандай да бір қорытындылар шығару қиын. Бұл сұрақтар бойынша студенттердің көп бөлігі нақты ой-пікір айта алмады. Мүмкін ондай «психологиялық сипаттағы» сұрауларға студенттер жауап беруге даяр болмаса керек.

Бесінші топтағы студенттердің де жауаптарының нәтижелерін талдау сондай ұқсас жауаптар болғанын көрсетті. Студенттердің көп бөлігі сұрауларғаанық пікір айта алмады (орташа балдар нөлге жақын болды). Мұны студенттер мұғалімнің жас ұрпақты тәрбиелеудегі рөлін саналы түсінбеуінен деп толық айтуға болады. Олай болу себебі мұғалімдер дайындайтын жоғары педагогтік оқу орындарының оқу жоспары негізінен теориялық мәселелерге ерекше көңіл бөлініп жасалынған және онда болашақ мұғалімге қажетсіз оқу пәндері ендірілген. Сондай-ақ, соңғы жылдары педагогикалық пәндерге бөлінген сағат сандары өте азайтылған, бұрынғы «Педагогика тарихы», «Тәрбие жұмысының әдістемесі», «Педагогикалық шеберлік негіздері» оқу пәндері жоспардан алынып тасталған. Әсіресе, жеке оқу пәндерін оқыту әдістемесінің сағат саны мен педагогикалық практика өткізілетін мерзімі де көп қысқартылған. Бұны оқу-тәрбие процесін оңтайландырудың зиянды әсері деп айтуға болады. Осы себептерден студенттер тәрбиелік іс-әрекетке психологиялық және педагогикалық тұрғыдан даяр емес.

Жоғарыда ұсынылған анкеталар болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық пәндерді оқыту және олардың оқушыларға ұлттық тәрбие берудегі маңызын бағалау құралы ретінде жасалынып, олар арқылы студенттердің сол пәндерге қатынастарын анықтауға мүмкіндік берді.

Қорытынды. Алынған нәтижелер сұралған студенттердің жаңа оқу пәндеріне – «Қазақ этнопедагогикасы» және «Қазақ этнопедагогикасының тарихы» – қатынастары тұтастай алғанда позитивті екенін көрсетті. Сонымен қатар, ол пәндер арқылы болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындаудың өте тиімді және нәтижелі болатынын дәлелдеді.

Жоғарыда жасалған анкеталарды біз «Қазақ этнопедагогикасы» бағдарламасы бойынша мамандықтарын арттыруға келген мектеп мұғалімдеріне де ұсындық. Мұғалімдерді анкеталау нәтижелерін бағалай отырып, біз олардың «Қазақ этнопедагогикасы» пәніне позитивтік қана емес және олардың қуанышты, сүйсінген, шаттанған қатынастарын анықтадық (мұғалімдердің негізгі бөлігінің орташа бағалары бірден артық болды). Мұнда ол пәннің мектеп мұғалімдерін оқушыларға ұлттық тәрбие беруге дайындаудағы орны мен рөлінің ерекше екенін көрсетті (бесінші топ сұрауларына жауаптары). Ал пәнді оқыту барысында берілген этнопедагогикалық материалдардың мазмұнын мектеп мұғалімдері өте жоғары бағалады. Мұғалімдердің бағаларын талдай отырып, олардың ұлттық мектептің және ұлттық тәрбиенің қажеттілігіне саналы қатынас жасауы деп толық айтуға болады.

Сонымен, зерттеуімізде ұсынған болашақ мұғалімдердің этнопедагогикалық даярлықтарының тиімділігін арттыру технологиясын математикалық-статистикалық бағалау арқылы жүзеге асырдық, ал ол зерттеу жұмысымыздың мәнділігін, дәлелділігін және маңыздылығын көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Бөлеев, Қ. Болашақ мұғалімдерді оқушыларға ұлттық тәрбие беруге кәсіби дайындау: Теориясы және практикасы [Текст]. – Алматы: Нұрлы Әлем, 2004. – 304 б.
2. Zakirov F.M. Role and place of mathematical statistics methods in pedagogical research // Science and Innovation International Scientific journal, 2023. Vol. 2. P. 262 – 263.
3. Edge C.G. Problems of using statistical methods in the experimental part of pedagogical research // “High technologies in the pedagogical process”: Proceedings of the V International Scientific and Methodological Conference of University Teachers, Scientists and Specialists. N. Novgorod: VGIPA, 2004. P. 260 – 261.
4. Gurtovaya N.G. Historical aspect and essence of application statistical methods in the experimental part of pedagogical research // “High technologies in the pedagogical process”: Proceedings of the V International Scientific and Methodological Conference of University Teachers, Scientists and Specialists. N. Novgorod: VGIPA, 2004. P. 262 – 263.
5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 479 с.

Материал редакцияға 20.06.24 түсті.

К. Болеев[1], Л.К. Болеева[2]

[1]Международный Таразский инновационный институт, г. Тараз, Казахстан
[2]Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ К НАЦИОНАЛЬНОМУ ВОСПИТАНИЮ УЧАЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье дается математико-статистический анализ эффективности подготовки будущих учителей по авторским экспериментальным программам «Казахская этнопедагогика» и «История казахской этнопедагогики» и оценки готовности будущих учителей к национальному воспитанию учащихся. Анализ основан на систематизации таких элементов содержания и процесса обучения, как этнопедагогические знания, умения и навыки.

Обработка результатов анкетирования и математическая реализация статистической оценки осуществлялась на персональном компьютере в табличном процессоре Excel. В работе информационные технологии используются в процессе математико-статистической оценки готовности будущих учителей к предоставлению национального образования студентов.

Ключевые слова: информационные технологии, табличный процессор Excel, математико-статистическая оценка, этнопедагогика, национальное воспитание, показатели готовности.

K. Boleyev[1], L.K. Boleyeva[2]

[1]Taraz International Innovation Institute, Taraz, Kazakhstan
[2]M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

MATHEMATICAL AND STATISTICAL ASSESSMENT OF FUTURE TEACHERS' READINESS FOR NATIONAL EDUCATION OF STUDENTS USING INFORMATION TECHNOLOGIES

Abstract. The article provides a mathematical and statistical analysis of the effectiveness of training future teachers using the original experimental programs “Kazakh ethnopedagogy” and “History of Kazakh ethnopedagogy” and assesses the readiness of future teachers for the national education of students. The analysis is based on the systematization of such elements of the content and learning process as ethnopedagogical knowledge, skills and abilities.

Processing of the survey results and mathematical implementation of the statistical assessment was carried out on a personal computer in an Excel spreadsheet. In the work, information technologies are used in the process of mathematical-statistical assessment of readiness of future teachers to provide national education to students.

Keywords: information technology, Excel spreadsheet, mathematical and statistical assessment, ethnopedagogy, national education, indicators of training.

References

1. Boleev K. Bolaşaq muğalimderdi oqwşılarğa ulttıq tärbïe berwge käsibï dayındaw: Teorïyası jäne praktïkası [Professional training of future teachers to provide national education to students: Theory and practice]. – Almaty: Bright World, 2004. – 304 p., [in Kazakh].
2. Zakirov F.M. Role and place of mathematical statistics methods in pedagogical research // Science and Innovation International Scientific journal, 2023. Vol. 2. P. 262 – 263.
3. Edge C.G. Problems of using statistical methods in the experimental part of pedagogical research // “High technologies in the pedagogical process”: Proceedings of the V International Scientific and Methodological Conference of University Teachers, Scientists and Specialists. N. Novgorod: VGIPA, 2004. P. 260 – 261.
4. Gurtovaya N.G. Historical aspect and essence of application statistical methods in the experimental part of pedagogical research // “High technologies in the pedagogical process”: Proceedings of the V International Scientific and Methodological Conference of University Teachers, Scientists and Specialists. N. Novgorod: VGIPA, 2004. P. 262 – 263.
5. Gmurman V.Ye. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2024. – 479 p., [in Russian].

IRSTI 27.47.17

Yu.R. Krahmaleva ©

PhD
https://orcid.org/0000-0003-2166-3885
M.Kh. Dulaty Taraz Regional University,
Taraz, Kazakhstan
yuna_kr@mail.ru

https://doi.org/10.55956/RZBK3395

BESSEL EQUATION AND FUNCTIONS IN COMPUTER MATHEMATICS SYSTEM

Abstract. The relevance of technical issues of solving problems of mathematical physics is growing every year. The development of computer technologies leads to the use of modern methods for their solution. The application of analytical computing systems is considered as an effective method, which contributes to their productive implementation. The article deals with finding a general solution of the Bessel equation and equations leading to it in the Maple program, graphs of functions are plotted.

Keywords: special point, Bessel function of the 1st kind, Bessel equation, Bessel function of the 2nd kind, asymptotic behaviour.

Krahmaleva Yu.R. Bessel equation and functions in computer mathematics system // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.426-439. https://doi.org/10.55956/RZBK3395

Introduction. When solving various problems of mathematical physics we deal with so-called special functions The term “special functions” means all mathematical non-elementary functions. Along with special functions the equivalent term “higher transcendental functions” is used. The class of these functions has a characteristic difference from many other functions, which manifests itself when solving equations of the form [1]:

$$\frac{d}{dx}\left[p(x)\frac{dy}{dx}\right]-q(x)y=0.$$

The equations have special points. The coefficient $p(x)$ takes zero value: $p(x)=0$ at possibly one or more points in the interval of change of the variable . In these equations special functions act as its solution. Having a certain specificity, the scope of application of special functions in a variety of applied problems expands. One of the representatives of special functions are cylindrical functions or Bessel functions[1,2].

Materials and methods. Let us consider the Bessel equation:

$$x^2y'' + xy' + \left(x^2 - v^2\right)y = 0, \quad (1)$$

which is a homogeneous linear differential equation with variable coefficients. The order (1) is determined by the constant v. Equation (1) owes its name to the German mathematician Friedrich Wilhelm Bessel. The scientist conducted research in 1824. The result led to the discovery of a special class of functions, which were called Bessel functions or cylindrical functions. These functions and represent the solution of the equation. [3]

To find the general solution, a technique is used. The equation is multiplied by the multiplier $\frac{1}{x^2}$:

$$y'' + \frac{1}{x}y' + \frac{x^2 - v^2}{x^2}y = 0. \quad (2)$$

Simultaneously with the equation (2), we consider an equation of the form:

$$y'' + p(x)y' + q(x)y = 0. \quad (3)$$

assuming the existence of a special point of the equation. For definiteness, suppose $x = 0$. Let the coefficients of equations $p(x)$ and $q(x)$ be expressed as functional series:

$$p(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{a_m x^m}{x}, \quad q(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{b_m x^m}{x^2}.$$

The series composed only of numerators in the last functional series converge and have a radius of convergence of $|x| < R$. The following condition is imposed on the coefficients a_m and b_m: $a_0 \neq b_0 \neq b_1 \neq 0$. Then equation (1) has at least one solution, which has a representation in the form of a series:

$$y(x) = x^p \sum_{m=0}^{\infty} c_m x^m. \quad (4)$$

In (4) $c_0 \neq 0$. The series (4) is convergent with a radius of convergence $|x| < R$, To calculate the coefficients of c_k, the expression $y(x)$ as (4) is substituted into the original equation (1). Using the method of indeterminate coefficients, determine each c_k [3-5].

To calculate the coefficient c_k, a so-called defining equation of the form

$$p(p-1) + a_0 p + b_0 = 0. \quad (5)$$

The coefficients a_0 and b_0 are calculated using the formulas::

$$a_0 = \lim_{x\to 0} xp(x) \tag{6}$$

$$b_0 = \lim_{x\to 0} x^2 q(x) \tag{7}$$

Then for the equation (2) we have:

$$a_0 = \lim_{x\to 0} x\cdot\frac{1}{x} = 1,$$

$$b_0 = \lim_{x\to 0} x^2\,\frac{x^2 - v^2}{x^2} = -v^2.$$

Substituting the values of a_0 and b_0 into equation (3):

$$p(p-1) + p - v^2 = 0,$$

whence it follows:

$$p_{1,2} = \pm v.$$

Find the partial solution $y_1(x)$ at $p_1 = v$, using the decomposition (4):

$$y_1(x) = x^p \sum_{m=0}^{\infty} c_m x^m = x^v \sum_{m=0}^{\infty} c_m x^m,$$

substitute the expression $y_1(x)$ в (3) and get the expression [1]:

$$J_v(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m!\cdot\Gamma(m+v+1)}\left(\frac{x}{2}\right)^{2m+v}, \tag{8}$$

which represents a Bessel function of genus 1 with positive v.
The solution $y_2(x)$at $p_2 = -v$has the form :

$$y_2(x) = x^p \sum_{m=0}^{\infty} c_m x^m = x^{-v} \sum_{m=0}^{\infty} c_m x^m.$$

Substituting $y_2(x)$ into (3) , we obtain the second partial solution in the form [1]:

$$J_{-v}(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m!\cdot\Gamma(m-v+1)}\left(\frac{x}{2}\right)^{2m-v}, \tag{9}$$

where $J_{-\nu}(x)$ is a Bessel function of the 1-st genus with negative ν. The general solution of equation $J_{-\nu}(x)$ at non-integer value of ν is written as:

$$y(x)=C_1J_\nu(x)+C_2J_{-\nu}(x), \quad (10)$$

where C_1, C_2 are arbitrary constants $J_\nu(x)$ and $J_{-\nu}(x)$ are linearly independent functions.

At ν-total: $\nu=n$ the linear independence of functions $J_n(x)$ and $J_{-n}(x)$ is violated, since the functions have a relationship, which is expressed by the formula

$$J_{-n}(x)=(-1)^n J_n(x) \quad (11)$$

To solve the question, we introduce a Bessel function of genus 2 [1]:

$$Y_\nu(x)=\frac{J_\nu(x)\cos\pi\nu-J_{-\nu}(x)}{\sin\pi\nu}, \quad (12)$$

and the general solution of the equation for any ν will be described by the formula:

$$y(x)=C_1J_\nu(x)+C_2Y_\nu(x). \quad (13)$$

where C_1, C_2 is an arbitrary constant, $J_\nu(x)$ and $Y_\nu(x)$ are linearly independent functions. Linear combinations of $J_\nu(x)$ and $Y_\nu(x)$ have the simplest asymptotic expansions at large x and are often encountered in applications [5].

Research results and discussion. Let's consider solving the equation in the Maple program. Enter the equation and the command to solve it [6-9]:

```
eq1 := x^2·diff(y(x),x$2) + x·diff(y(x),x) + (x^2 − v^2)·y(x) = 0;
req1 := dsolve(eq1, y(x));
```

$$eq1 := x^2\left(\frac{d^2}{dx^2}y(x)\right)+x\left(\frac{d}{dx}y(x)\right)+\left(-v^2+x^2\right)y(x)=0$$

$$req1 := y(x) = _C1\,\mathrm{BesselJ}(v,x)+_C2\,\mathrm{BesselY}(v,x)$$

The general solution corresponds to the formula (13). Let us substitute $\nu=\frac{3}{4}$ в *eq1*:

```
eq1v1 := subs(v = v1, eq1); req11 := dsolve(eq1v1, y(x));
```

$$eq1v1 := x^2\left(\frac{d^2}{dx^2}y(x)\right)+x\left(\frac{d}{dx}y(x)\right)+\left(x^2-\frac{9}{16}\right)y(x)=0$$

$$req11 := y(x) = _C1\,\mathrm{BesselJ}\left(\frac{3}{4},x\right)+_C2\,\mathrm{BesselY}\left(\frac{3}{4},x\right)$$

The general solution corresponds to the formula (13). Let's substitute the integer value $\nu=2$:

$v2 := 2;\ eq1v2 := subs(v = v2, eq1);\ req1v2 := dsolve(eq1v2, y(x));$

$v2 := 2$

$$eq1v2 := x^2\left(\frac{d^2}{dx^2}y(x)\right) + x\left(\frac{d}{dx}y(x)\right) + \left(x^2 - 4\right)y(x) = 0$$

$$req1v2 := y(x) = _C1\ \mathrm{BesselJ}(2, x) + _C2\ \mathrm{BesselY}(2, x)$$

As can be seen, at different values, program v writes a general solution corresponding to formula (13). Let us consider the examples.

Example 1. Find the general solution of the equation:

$$y'' + \frac{1}{x}y' + \left(1 - \frac{1}{9x^2}\right)y = 0 \quad . \tag{14}$$

Solution. Let's reduce the initial equation to the form (2):

$$y'' + \frac{1}{x}y' + \frac{9x^2 - 1}{9x^2}y = 0,$$

$$y'' + \frac{1}{x}y' + \frac{9\left(x^2 - \frac{1}{9}\right)}{9x^2}y = 0,$$

$$y'' + \frac{1}{x}y' + \left(\frac{x^2 - \frac{1}{3^2}}{x^2}\right)y = 0 \quad .$$

From the last equation we determine v: $v = \frac{1}{3}$. The general solution is written in the form (13):

$$y(x) = C_1 J_{\frac{1}{3}}(x) + C_2 Y_{\frac{1}{3}}(x) \quad .$$

Let's find the general solution of the equation (14) in the Maple program. [6-9] We have:

$$eq2 := diff(y(x), x\$2) + \frac{1}{x}\cdot diff(y(x), x) + \left(1 - \frac{1}{9\cdot x^2}\right)\cdot y(x) = 0;$$

$$req2 := dsolve(eq2, y(x));$$

$$eq2 := \frac{d^2}{dx^2}y(x) + \frac{\frac{d}{dx}y(x)}{x} + \left(1 - \frac{1}{9x^2}\right)y(x) = 0$$

$$req2 := y(x) = _C1\ \mathrm{BesselJ}\left(\frac{1}{3}, x\right) + _C2\ \mathrm{BesselY}\left(\frac{1}{3}, x\right)$$

As can be seen, when the equation (14) was introduced into the program, no transformations were required to reduce it to form (2).

Example 2. Find the general solution of the equation:

$$x^2y'' + xy' + 4\cdot\left(x^4 - 2\right)y = 0. \quad (15)$$

Solution. To fully match the form of equation (1), we insert a new variable z: $z = x^2$. Let's write the equation through z, for this purpose let's calculate y' and y'' elements of the equation. We have:

$$x = \sqrt{z},\ y' = \frac{dy}{dx} = \frac{dz}{dx}\cdot\frac{dy}{dz} = 2x\frac{dy}{dz} = 2\sqrt{z}\frac{dy}{dz};$$
$$y'' = \left(2\sqrt{z}\frac{dy}{dz}\right)' = \sqrt{z}\frac{d}{dz}\left(\sqrt{z}\frac{dy}{dz}\right) = 2\frac{dy}{dz} + 4z\frac{d^2y}{dz^2}.$$

After substitution y', y'', $x = \sqrt{z}$ and $x^2 = z$ into the original equation, it will take the form:

$$z\left(2\frac{dy}{dz} + 4z\frac{d^2y}{dz^2}\right) + 2\sqrt{z}\cdot\sqrt{z}\frac{dy}{dz} + 4\cdot\left(z^2 - 2\right)y = 0,$$
$$z^2\frac{d^2y}{dz^2} + z\frac{dy}{dz} + \left(z^2 - 2\right)y = 0.$$

The last equation is the Bessel equation with the function $y = y(z)$, in which $v = \sqrt{2}$. The general solution of the equation has the form:

$$y(z) = C_1J_{\sqrt{2}}(z) + C_2Y_{\sqrt{2}}(z). \quad (16)$$

Let's pass to the x- variable of the initial equation and write down its general solution:

$$y(x) = C_1J_{\sqrt{2}}\left(x^2\right) + C_2Y_{\sqrt{2}}\left(x^2\right). \quad (17)$$

Now let's solve the equation (15) in Maple:

```
eq3 := x^2·diff(y(x), x$2) + x·diff(y(x), x) + 4·(x^4 − 2)·y(x) = 0;
req3 := dsolve(eq3, y(x));
```

$$eq3 := x^2\left(\frac{d^2}{dx^2}y(x)\right) + x\left(\frac{d}{dx}y(x)\right) + 4\left(x^4 - 2\right)y(x) = 0$$
$$req3 := y(x) = _C1\ \mathrm{BesselJ}\left(\sqrt{2}, x^2\right) + _C2\ \mathrm{BesselY}\left(\sqrt{2}, x^2\right)$$

As can be seen, the solution coincides completely with the general solution (17), according to the technique of finding the solution of the Bessel equation.

Let us consider the equations reduced to the Bessel equation (1). An equation of the form:

$$x^2y'' + xy' + \left(k^2x^2 - v^2\right)y = 0, \quad (18)$$

with a constant $k : k \neq 0$ by substitution $\tau = kx$ is reduced to an equation of the form:

$$\tau^2 \frac{d^2 y}{d\tau^2} + \tau \frac{dy}{d\tau} + \left(\tau^2 - v^2\right) y = 0 \quad . \tag{19}$$

The equation (19) is a Bessel equation. As in the case of solving the equation (15), we need to perform a computational process with a double jump to the new variable, then return to the old variable . Minimizing the solution time is possible when solving the equation in Maple. For example, we need to find a general solution to the equation:

$$x^2 y'' + xy' + \left(9x^2 - 2\right) y = 0 \quad . \tag{20}$$

Equation (20) in structure corresponds to the equation (18). Then we have:

```
eq4 := x^2·diff(y(x), x$2) + x·diff(y(x), x) + (9·x^2 − 2)·y(x) = 0;
req4 := dsolve(eq4, y(x))
```

$$eq4 := x^2 \left(\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}x^2} y(x) \right) + x \left(\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x} y(x) \right) + \left(9x^2 - 2\right) y(x) = 0$$

$$req4 := y(x) = _C1 \,\mathrm{BesselJ}\left(\sqrt{2}, 3x\right) + _C2 \,\mathrm{BesselY}\left(\sqrt{2}, 3x\right) .$$

To the Bessel equation (1) is given an equation having the form:

$$x^2 y'' + axy' + \left(b + cx^m\right) y = 0 , \tag{21}$$

with constants a, b, c, m: $c > 0$, $m \neq 0$. Using substitutions for the variable $x = \left(\frac{z}{\gamma}\right)^{\frac{1}{\beta}}$ and the function $y = \left(\frac{1}{\gamma}\right)^{-\frac{\alpha}{\beta}} \cdot u$ the equation will be composed in the following form:

$$z^2 \frac{d^2 u}{dz^2} + z \frac{du}{dz} + \left(z^2 - v^2\right) u = 0 , \tag{22}$$

where $\alpha = \frac{a-1}{2}$, $\beta = \frac{m}{2}$, $\gamma = \frac{2\sqrt{c}}{m}$, $v^2 = \frac{(a-1)^2 - 4b}{m^2}$.

Let's find the solution of the equation:

$$y'' + \frac{3}{x} y' + 4y = 0 \tag{23}$$

refers to an equation of the form (21). Solving in Maple allows you to obtain a general solution without prior substitutions:

```
eq5 := diff(y(x), x$2) + 3/x ·diff(y(x), x) + 4·y(x) = 0; req5 := dsolve(eq5, y(x));
```

$$eq5 := \frac{d^2}{dx^2} y(x) + \frac{3\left(\frac{d}{dx} y(x)\right)}{x} + 4\,y(x) = 0$$

$$req5 := y(x) = \frac{_C1\ \mathrm{BesselJ}(1, 2x)}{x} + \frac{_C2\ \mathrm{BesselY}(1, 2x)}{x}$$

In the Malpe program, the commands used to call Bessel functions are:
BesselJ(v,x)- Bessel function of the 1-st kind;

```
BesselJ(v, x);
```

$$\mathrm{BesselJ}(v, x)$$

BesselY(v,x)- Bessel function of the 2-nd kind;

```
BesselY(v, x);
```

$$\mathrm{BesselY}(v, x)$$

The function $J_v(x)$ in the form of a series according to the formula (8) at $m = p$ is inserted in the program as follows [8]:

```
J1 := (v, x) → sum((((-1)^p)/(factorial(p)*GAMMA(p + v + 1))*((x/2)^(2*p
    + v))), p = 0..infinity);
```

$$J1 := (v, x) \to \sum_{p=0}^{\infty} \frac{(-1)^p \left(\frac{1}{2} x\right)^{2p+v}}{p!\,\Gamma(p + v + 1)}$$

Use the plot command to *plot* the graphs of the function $J_v(x)$ for various non-integer values v :

```
GR := plot([BesselJ(3/5, x), BesselJ(4/5, x), BesselJ(6/5, x), BesselJ(7/5, x)], x = -8..10,
color = [red, green, blue, magenta], thickness = [1, 2, 3, 4], legend = ['BesselJ(3/5, x)',
    'BesselJ(4/5, x)',
'BesselJ(6/5, x)','BesselJ(7/5, x)'], linestyle = [solid, longdash, dashdot, dot],
caption = " Graphs of the first four Bessel functions of genus I with  v>0",
captionfont = [TIMES, ROMAN, 14]) :
GR;
```

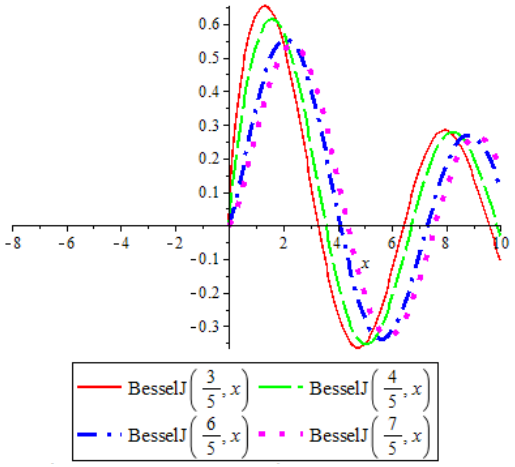


Fig. 1. Graphs of the first four Bessel functions of genus 1 with v > 0

Let's draw the graphs of the functions $J_v(x)$ for a whole v: $v = \overline{0,4}$ have the form :

```
GR := plot([BesselJ(1, x), BesselJ(2, x), BesselJ(3, x), BesselJ(4, x)], x = -8 ..10,
color = [red, green, blue, magenta], thickness = [1, 2, 3, 4], legend = ['BesselJ(1, x)',
    'BesselJ(2, x)',
'BesselJ(3, x)','BesselJ(4, x)'], linestyle = [solid, longdash, dashdot, dot],
caption = "Графики первых четырех функций Бесселя I-го рода с v>0",
captionfont = [TIMES, ROMAN, 14]) :
GR;
```

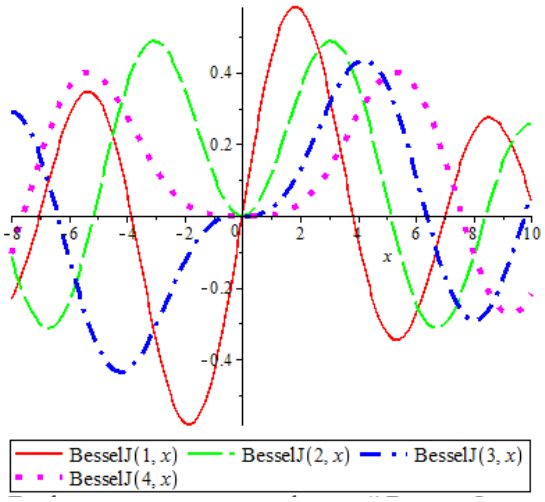


Fig. 2. Graphs of the first four Bessel functions of genus I with v > 0

The Bessel function of 1-st kind $J_v(x)$ at $x \geq 0$, $v \geq 0$ is a real function with argument x. The function is bounded. The graph of the function represents oscillations. At large and small x, the behavior of the function is characterized by the expressions:

$$J_v(x) \underset{x\to\infty}{\approx} \sqrt{\frac{2}{\pi x}}\cos\left(x-\frac{v\pi}{2}-\frac{\pi}{4}\right);$$

$$J_v(x) \underset{x\to 0}{\approx} \frac{x^v}{2^v\Gamma(v+1)}.$$

Function $J_v(x)$ has an infinite number of zeros. At $v>0$, the point $x=0$ belongs to the set of zeros of the function.

In the Maple program we write $J_v(x)$ at $m=p$ using the formula (9):

```
J2 := (v, x) → sum((((-1)^p) / (factorial(p) * GAMMA(p-v+1)) * ((x/2)^(2*p-v))), p
      = 0 ..infinity);
```

$$J2 := (v,x) \to \sum_{p=0}^{\infty} \frac{(-1)^p \left(\frac{1}{2}x\right)^{2p-v}}{p!\,\Gamma(p-v+1)}$$

Graphs of functions $J_v(x)$ with various negative non integer values v set with the *plot* command [8]:

```
GR1 := plot([BesselJ(-3/5, x), BesselJ(-4/5, x), BesselJ(-6/5, x), BesselJ(-7/5, x)], x =
    -8 ..10,
color = [red, green, blue, magenta], thickness = [1, 2, 3, 4], legend = ['BesselJ(-3/5, x)',
    'BesselJ(-4/5, x)',
'BesselJ(-6/5, x)','BesselJ(-7/5, x)'], linestyle = [solid, longdash, dashdot, dot],
caption = " Ggraphs of the first four Bessel functions of genus I with  v<0",
captionfont = [TIMES, ROMAN, 14]) :
GR1;
```

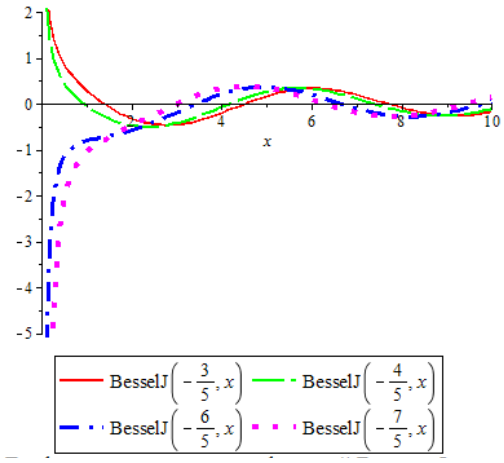


Fig. 3. Graphs of the first four Bessel functions of genus I with v < 0

Graphs of functions $J_v(x)$ for a negative integer v [8]:

```
GRR := plot([BesselJ(-1, x), BesselJ(-2, x), BesselJ(-3, x), BesselJ(-4, x)], x=-8..10,
color=[red, green, blue, magenta], thickness=[1, 2, 3, 4], legend=['BesselJ(-1, x)','BesselJ(
    -2, x)',
'BesselJ(-3, x)','BesselJ(-4, x)'], linestyle=[solid, longdash, dashdot, dot],
caption=". Graphs of the first four Bessel functions of genus I with v<0",
captionfont=[TIMES, ROMAN, 14]) :
GRR;
```

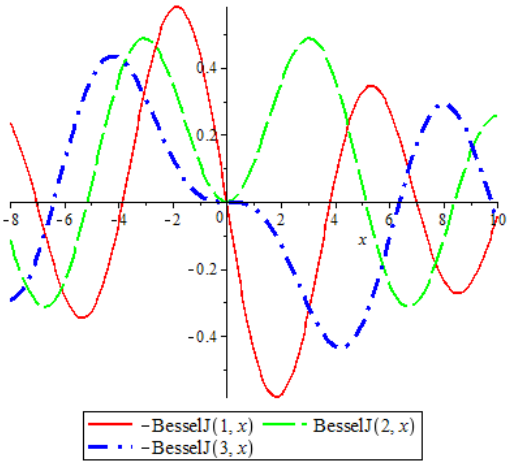


Fig. 4. Graphs of the first four Bessel functions of genus I with v < 0

As shown, the graphs of Bessel functions of the 1-st kind at different values represent damped oscillations. The graph consists of a slowly decreasing part and an oscillating part. Due to this feature, Bessel functions have applications in wave propagation problems.

According to the asymptotic behavior, Bessel functions of the 1-st kind oscillate with the growth of the argument with amplitude $\frac{1}{\sqrt{x}}$.

The expression for $Y_v(x)$ of the Bessel function of genus 2 is given by $J_v(x)$ and $J_{-v}(x)$ and has no explicit representation. But it is possible to graph the function in Maple[8]:

```
GR2 := plot([BesselI(1, x), BesselI(2, x), BesselI(3, x), BesselI(4, x)],
x=0..10, color=[red, green, blue, magenta], thickness=[1, 1, 3, 4], legend=['BesselI(1, x)',
'BesselI(2, x)','BesselI(3, x)','BesselI(4, x)'], linestyle=[solid],
caption=    "Graphs of the first four Bessel functions of genus II"
captionfont=[TIMES, ROMAN, 14]) :
GR2;
```

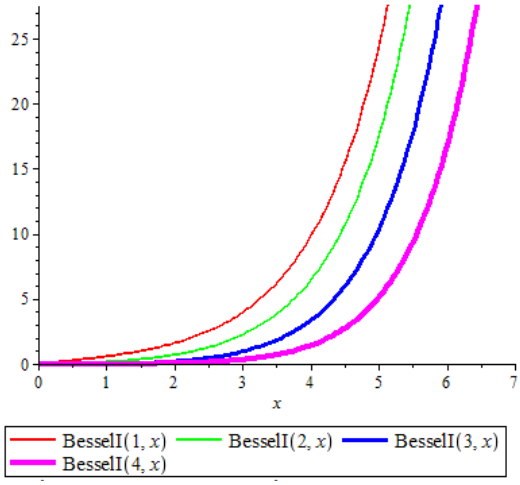


Fig. 5. Graphs of the first four Bessel functions of genus II

The Bessel function of the 2nd kind $Y_v(x)$ is a real function at values $x>0$, $v>0$. The function is bounded at ∞ and with oscillations. Asymptotic formulas characterize $Y_v(x)$ the behavior of the function at large and small values of x:

$$Y_v(x) \underset{x\to\infty}{\approx} \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \sin\left(x - \frac{v\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right);$$

$$Y_v(x) \underset{x\to 0}{\approx} -\frac{2^v \Gamma(v)}{\pi x^v}.$$

$$Y_0(x) \underset{x\to 0}{\approx} -\frac{2}{\pi} Ln\frac{2}{x}.$$

For Bessel functions of the 2nd kind, an exponential growth is observed with increasing values of the variable x. The asymptotic behavior of functions at large values of the argument leads to asymptotic formulas that allow us to use convenient representations of functions in the considered domain.

Analytical solution of the Bessel differential equation, as well as equations reduced to it, involves computational operations of introducing new variables to bring to the standard form of equations. Modern computer packages make it possible to avoid routine computational calculations and to find an analytical solution of the equation without introducing additional variables. Given the representation of Bessel functions in the form of a series, it is undoubtedly remarkable to be able to construct functions in Maple, according to which a visual representation of these functions is created, which allows us to study their behavior.

Practical examples of finding the general solution of Bessel's equation and leading to it showed the advantages of computer mathematics programs and as a consequence confirmed the alternative method of finding the solution by means of computer mathematics systems software.

Conclusion. The development of information technologies at the present stage opens new modern methods of solving mathematical problems. The

combined method, including methods of the theory of differential equations and realization in the system of computer mathematics, as shown in this article is very productive. The characteristic feature of the method is the efficiency of solution, speed of calculation, which makes it possible to use in solving applied problems.

References

1. Goloskokov D.P. Uravneniya matematicheskoy fiziki. Resheniye zadach v sisteme Maple [Equations of mathematical physics. Solving problems in the Maple system]. – St. Petersburg: Peter, 2004. – 539 p., [in Russian].
2. Bitsadze A.V. Uravneniya matematicheskoy fiziki [Equations of mathematical physics]: Textbook. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: Nauka, Main editorial office of physical and mathematical literature, 2012. – 336 p., [in Russian].
3. Koshlyakov N.S. Osnovnyye differentsial'nyye uravneniya matematicheskoy fiziki [Basic differential equations of mathematical physics]. – Moscow: State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 2002. – 276 p., [in Russian].
4. Mikhlin S.G. Kurs matematicheskoy fiziki [Course of mathematical physics]. – Moscow: Main editorial office of physical and mathematical literature of the publishing house "Nauka", 2006. – 100 p., [in Russian].
5. Sobolev S.L. Uravneniya matematicheskoy fiziki [Equations of mathematical physics]. – Moscow: Main editorial office of physical and mathematical literature of the publishing house "Nauka", 2007. – 432 p., [in Russian].
6. Goloskokov D.P. Analyzing simply supported plates using Maple system // International conference on computer technologies in physical and engineering applications. Saint-Petersburg, 2014. P. 57-58.
7. Kirsanov M.N. Matematika i programmirovaniye v Maple [Mathematics and programming in Maple]: – Moscow: IPR Media, 2020. – 164 p., [in Russian].
8. D'yakonov V.P. Maple 9.5 10 v matematike, fizike i obrazovanii [Maple 9.5 10 in mathematics, physics and education]. – Moscow: SOLON-PRESS, 2017. – 720 p., [in Russian].
9. Govorukhin V.N. Tsibulin V.G. Vvedeniye v Maple. Matematicheskiy paket dlya vsekh [Introduction to Maple. Mathematical package for everyone].– Moscow: Mir, 2017.– 208 p., [in Russian].

Material received on 19.06.24.

Ю.Р. Крахмалева

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Казақстан

КОМПЬЮТЕРЛІК МАТЕМАТИКА ЖҮЙЕСІНДЕ БЕССЕЛЬ ФУНКЦИЯЛАРЫ МЕН ТЕҢДЕУЛЕРІ

Аңдатпа. Математикалық физика есептерін шешуде техникалық мәселелерінің өзектілігі жыл сайын артып келеді. Компьютерлік технологияның дамуы және оларды шешудің заманауи әдістерін қолдануға әкеледі. Аналитикалық есептеу жүйелерін пайдалану арқылы тиімді әдіс болып табылады. Ал бұл олардың өнімді жүзеге асуына ықпал етеді. Мақалада Maple бағдарламасындағы Бессель теңдеуінің және оған келтірілетін теңдеулердің жалпы шешімін табу қарастырылып, функциялардың графиктері құрастырылған.

Тірек сөздер: ерекше нүкте, 1-ретті Бессель функциясы, Бессель теңдеуі, 2-ретті Бессель функциясы, асимптотикалық сипаттама.

Ю.Р. Крахмалева

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

УРАВНЕНИЕ И ФУНКЦИИ БЕССЕЛЯ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Аннотация. Актуальность технических вопросов решения задач математической физики с каждым годом растет. Развитие компьютерных технологий приводит к применению современных методов для их решения. Эффективным методом рассматривается применение систем аналитических вычислений, что способствует продуктивному их внедрению. В статье рассматривается нахождение общего решения уравнения Бесселя и приводящихся к нему уравнений в программе Maple, построены графики функции.

Ключевые слова: особая точка, функция Бесселя 1-го рода, уравнение Бесселя, функция Бесселя 2-го рода, асимптотическое поведение.

IRSTI 27.47.17

N.A. Abiev[1] – *main author,*
E.N. Abiev[2]

[1]Candidate of phys.-math. Sciences, Associate Professor, [2]High school student
[1]https://orcid.org/0000-0003-1231-9396
[1]Institute of Mathematics NAS KR, Bishkek, Kyrgyzstan
[2]School-Gymnasium 24, Bishkek, Kyrgyzstan
[1]abievn@mail.ru

https://doi.org/10.55956/VDUK2829

USING CLASSICAL ANALYSIS AND COMPUTER TECHNOLOGIES TO STUDY POWER-EXPONENTIAL TYPE EQUATIONS

Abstract. In the present paper basing on properties of the power and the exponential functions we study power-exponential type equations and establish properties of their roots. Since such equations are transcendental there is no method to find exact roots. But using well known methods of classical calculus and tools of the system of analytical calculations Maple we can establish the boundaries of roots and predict their convergence as the degree tends to infinity. We also give qualitative and quantitative analysis of the difference between the power and the exponential functions for large values of the argument and suggest a convenient formula for approximate but fast calculations. Results of calculations demonstrated in tables and graphs were obtained using Maple program.

Keywords: Maple system, transcendental equation, roots, power function, exponential function.

Abiev N.A., Abiev E.N. Using classical analysis and computer technologies to study power-exponential type equations // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.440-447. https://doi.org/10.55956/VDUK2829

Introduction. It is well known that for any real $a > 1$ and $\beta > 0$ the exponential function a^x will grow much faster than the power function x^β, starting from some (possibly very large) positive value of the variable x. Such a conclusion follows from the value of the limit $\lim_{x\to+\infty} a^x x^{-\beta} = +\infty$. However, this fact does not contain any information about exactly from what values of x the inequality $a^x x^{-\beta} > 1$ will be established. We are only sure that this will happen for large values of x. Here we consider the special case $a = \beta = n$ only. Obviously, at the point $x = 0$ the inequality $1 = n^x > x^n = 0$ holds for all natural n. The case $n = 1$ is also obvious. Therefore throughout the text we consider power-exponential type equation $n^x = x^n$ assuming $x \in R \setminus \{0\}$ and $n \in N \setminus \{1\}$. The main results are contained in the following three theorems.

Theorem 1. The following assertions are hold for $n \geq 2$*:*

(1) If $n = 2$ then $2^x = x^2$ has exactly three distinct roots $x_1 < 0, x_2 = 2$ and $x_3 = 4$. In addition, $2^x < x^2$ for $x \in (-\infty, x_1) \cup (2,4)$ and $2^x > x^2$ for $x \in (x_1, 2) \cup (4, +\infty)$.

(2) If n is even and $n \geq 4$ then $n^x = x^n$ has exactly three distinct roots $x_1 < x_2 < x_3$ such that $x_1 < 0, x_2 > 0$ and $x_3 = n$. Moreover, $n^x < x^n$ for $x \in (-\infty, x_1) \cup (x_2, n)$ and $n^x > x^n$ for $x \in (x_1, x_2) \cup (n, +\infty)$ (Fig. 1).

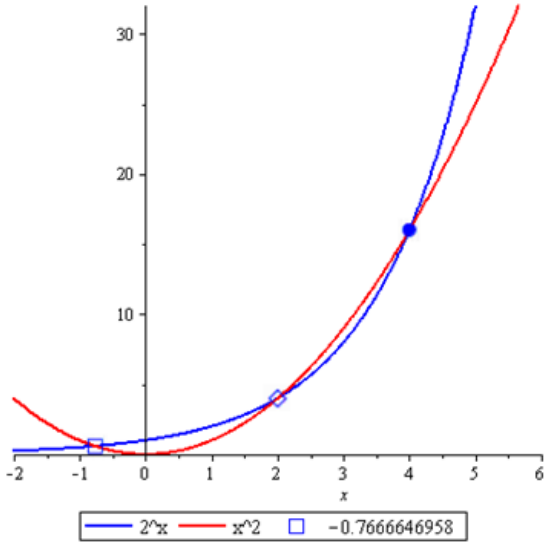


Fig. 1. The graphs of n^x and x^n at $n = 2$

(3) If n is odd and $n \geq 3$ then $n^x = x^n$ admits only two positive roots $x_2 > 0$, $x_3 = n$ such that $x_2 < x_3$ and $n^x < x^n$ for $x \in (x_2, n)$ and $n^x > x^n$ for $x \in (-\infty, x_2) \cup (n, +\infty)$ (Fig. 2).

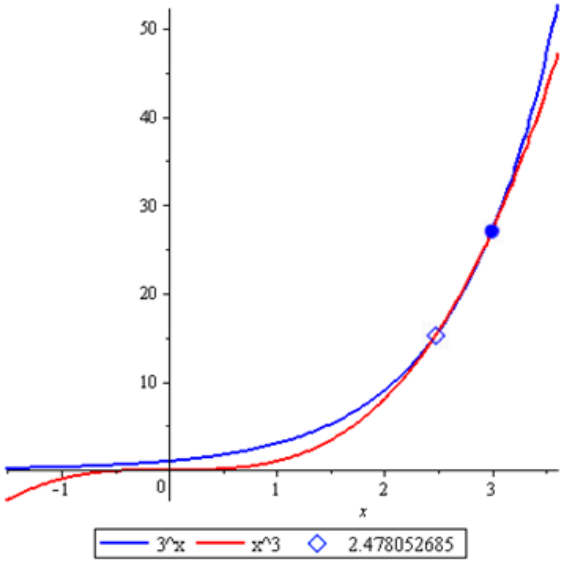


Fig. 2. The graps of n^x and x^n at $n = 3$

Theorem 2. The following estimations hold for the roots $x_1 = x_1(n) < 0$ and $x_2 = x_2(n) > 0$ of the equation $n^x = x^n$ independently of values of *n:*

$$-1 < x_1(n) < -e^{-1}, \qquad 1 < x_2(n) < e \tag{1}$$

where, *e* is the base of the natural logarithms with an approximative value $e \approx 2.71$ .... The roots $x_1(n)$ and $x_2(n)$ both decrease for large *n* and have the following limits as *n* tends to infinity:

$$\lim_{n\to+\infty} x_1(n) = -1, \quad \lim_{n\to+\infty} x_2(n) = 1. \tag{2}$$

In Table 1 approximative values of the roots $x_1(n)$ and $x_2(n)$ are shown for some values of *n*.

Table 1

The roots $x_1(n)$, $x_2(n)$ and $x_3(n)$ of the equation $n^x = x^n$ for increasing *n*.

n	$x_1(n)$	$x_2(n)$	$x_3(n)$
2	-0.7667	2	4
3		2.4781	3
4	-0.7667	2	4
5		1.7649	5
10	-0.8267	1.3713	10
50	-0.9298	1.0889	50
100	-0.9569	1.0495	100
150	-0.9682	1.0352	150

Theorem 3. The following inequality holds for all $x \geq n + 1 \geq 4$:

$$n^x - x^n > n^n(n - e) \tag{3}$$

with a consequence $n^x - x^n > n^n(n - 3)$ for large *n.*

Auxiliary results. Introduce the function $F(x) = lnf(x)$, where $f(x) = n^x x^{-n}, x \neq 0$. Such an idea follows from the formula $F'(x) = \frac{f'(x)}{f(x)}$ known in classical analysis. Note that $F(x)$ is defined for all $x \neq 0$ for even n and only for $x > 0$ if n is odd. $F(x)$ is not defined if $x < 0$ and n is odd, but there is no necessity introduce something in this case since $n^x > x^n$ is satisfied automatically: $n^x > 0 > x^n$ for all $x < 0$. Note also that the signs of the derivatives f' and F' coincide on the domain of F, because $f > 0$. Therefore f and F admit the same intervals of increasing and decreasing. In addition,

$$F(x) = 0 \ \leftrightarrow \ f(x) = 1 \ \leftrightarrow n^x = x^n$$

According to definition of F. It is clear also that $F > 0$ is equivalent to $f > 1$ that means $0 < x^n < n^x$, analogously, $F < 0$ is equivalent to $0 < f < 1$ that means $n^x < x^n$.

Lemma 1. For n ≥ 2 the following assertions are true:

1) If n is even then equation $F(x) = 0$ admits one negative root x_1 and two positive roots $x_2 < x_3$ such that $F(x) < 0$ for $x \in (-\infty, x_1) \cup (x_2, x_3)$ and $F(x) > 0$ for $x \in (x_1, 0) \cup (0, x_2) \cup (x_3, +\infty)$.

2) If n is odd then $F(x) = 0$ admits only two positive roots $x_2 < x_3$ such that $F(x) < 0$ for $x \in (x_2, x_3)$ and $F(x) > 0$ for $x \in (0, x_2) \cup (x_3, +\infty)$.

In addition, $x_2 = 2, x_3 = 4$ if $n = 2$ and $x_3 = n$ if $n > 2$ (Fig. 3).

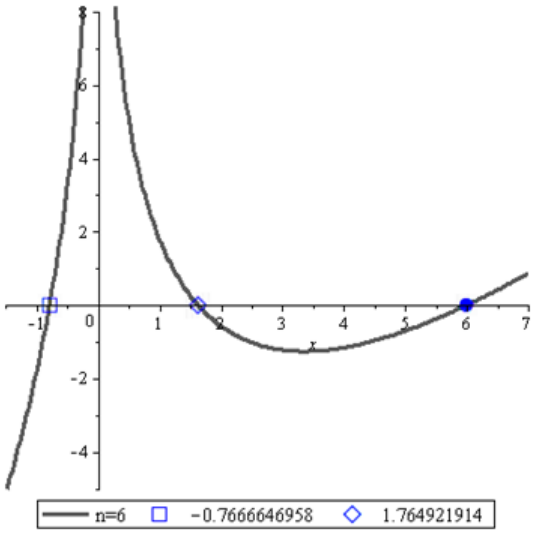


Fig. 3. The graph of $F(x) = lnf(x)$, where $f(x) = n^x x^{-n}$ at $n = 6$.

Proof. 1) For all $n \geq 2$ the function $F(x) = lnf(x)$ can be rewritten in the following form:

$$F(x) = \begin{cases} xln\, n - n\ln|x|, & x \neq 0, \quad \text{if } n \text{ is even,} \\ xln\, n - n\ln x, & x > 0, \quad \text{if } n \text{ is odd.} \end{cases}$$

Its derivative is

$$F'(x) = \begin{cases} ln\, n - nx^{-1}, & x \neq 0, \quad \text{if } n \text{ is even,} \\ ln\, n - nx^{-1}, & x > 0, \quad \text{if } n \text{ is odd.} \end{cases}$$

The case A. Let n be even and $x < 0$. Then $F'(x) > 0$ for all $x < 0$. This implies that $F(x)$ is increasing strictly on the interval $x < 0$. Hence F have to intersect the coordinate line $y = 0$ on some unique point $x_1 \in (-\infty, 0)$ from down to up, in other words, $F(x_1) = 0$. Moreover $F(x) < 0$ at $x < x_1$ and $F(x) > 0$ at $x_1 < x < 0$.

The case B. Let n be any and $x > 0$. The equation $F'(x) = 0$ has an unique root $x^* = n(\ln n)^{-1}$. Since the second derivative $F''(x) = nx^{-2}$ is positive for all $x \neq 0$ at the point x^* the function F attains its least value

$$F(x^*) = \inf_{x>0} F(x) = n - nln\left(\frac{n}{\ln n}\right) = n\left(1 - \ln\left(\frac{n}{\ln n}\right)\right). \qquad (4)$$

It is easy to show that for $x > 1$ the function $x(\ln x)^{-1}$ satisfies the inequality

$$x(\ln x)^{-1} \geq e,$$

Reaching the equality at $x = e$ only (Fig. 4). Hence $n(\ln n)^{-1} > e$ for all $n > 1$. This implies that $F(x^*) < 0$. From $F''(x) > 0$ and $F(x^*) < 0$ it follows

then $F(x)$ has exactly two positive roots x_2 and x_3 such that $x_2 < x^* < x_3$, moreover, $F(x) < 0$ at $x \in (x_2, x_3)$ and $F(x) > 0$ at $x \in (0, x_2) \cup (x_3, +\infty)$.

Uniting now the results of the cases A and B we get the proofs of the assertions in 1) and 2).

To prove the additional assertion observe that $x = n$ is a root of $F(x) = 0$. This means that either x_2 or x_3 coincides with *n*. At $n = 2$ the inequality $x^* > n$ implies $x_2 = 2$. Then $x_3 = 4$. At $n \geq 3$ we have $x^* < n$. Then $x_3 = n$ in order to satisfy $x_2 < x^* < x_3$. Lemma 1 is proved.

Proof of Theorem 1. (1) Assume that $n = 2$. Then clearly, $F(x) < 0$ on the interval $(-\infty, x_1)$, where $x_1 < 0$. This means that $0 < f(x) = n^x x^{-n} < 1$, or equivalently $n^x < x^n$. Moreover, $F(x)$ increases on $(-\infty, x_1)$, therefore $f(x)$ increases too implying that the value of $n^x x^{-n}$ increases and tends to 1 (n^x overtakes x^n) as *x* tends to x_1 from the left.

On the interval $(x_1, 0)$ the function $F(x)$ increases and satisfies $F(x) > 0$. Therefore $f(x) > 1$ on $(x_1, 0)$ meaning $n^x > x^n$ (with growing $n^x x^{-n}$). At $x = 0$ the inequality $n^x > x^n$ is preserved. On the interval (0,2) we still have $F(x) > 0$ meaning $n^x > x^n$. However the fraction $n^x x^{-n}$ decreases and tends to 1 (x^n overtakes n^x) as *x* tends to 2 from the left, because decreasing of $F(x)$. On (2,4) we have $F(x) < 0$ which means $0 < f(x) < 1$, equivalently $n^x < x^n$. The behavior of $n^x x^{-n}$ near $x = 2$ and $x = 4$ can be analyzed by the same way. In final, clearly that $n^x > x^n$ for all $x > 4$ due to $F(x) > 0$. Moreover, $n^x x^{-n}$ increases, because so does $F(x)$.

(2) n is even and $n \geq 4$. The proof will be the same as in the previous case by replacing only 2 to x_2 and 4 to *n*.

(3) *n* is odd and $n \geq 3$. The proof is clear now. Theorem 1 is proved.

Proof of Theorem 2. In the proof of Theorem 1 we obtained in fact rough estimates $x_1 < 0$ and $0 < x_2 < n(\ln n)^{-1}$ for roots. Here we will improve them. Since F can admit a negative root only if n is even, using the corresponding expression $F(x) = x\ln n - n\ln|x|$ we find

$$F(-1) = -\ln n \leq -\ln 2 < 0, \quad F(-e^{-1}) = -e^{-1}\ln n + n > 0,$$

Where the second inequality follows from formula (4). The continuous function $F(x) = x\ln n - n\ln|x|$ changes its signs at the endpoints of the segment $[-1, -e^{-1}]$. Therefore the unique negative root x_1 is still in $(-1, -e^{-1})$ proving the first inequality in (1). The second inequality in (1) follows from $F(1) = \ln n > 0$ and $F(e) = e\ln n - n < 0$.

Let us seek for x_2 as a least of two positive roots of $F(x) = x\ln n - n\ln x = 0$ equivalent to $\frac{x}{\ln x} = \frac{n}{\ln n}$. Denoting $C(n) := \frac{n}{\ln n}$ we obtain the equation

$$x(\ln x)^{-1} = C(n),$$

Depending on the parameter $C(n)$. Since $lim_{n\to\infty} C(n) = +\infty$ and $x(\ln x)^{-1}$ decreases for $1 < x < e$ and admits a vertical asymptote $x = 1$ due to $\lim\limits_{x\to 1+} x(\ln x)^{-1} = +\infty$, then the value of the function $x(\ln x)^{-1}$ can be equal to $C(n)$ only at an unique point (denote it x_2) which depends on n and converges to 1 from the right as $n \to \infty$ (Fig. 4). The second equality in (2) is proved.

By the same say we can predict the behavior of the negative root x_1 of $n^x = x^n$ which occurs at even *n* only. Since $n^x = x^n$ is equivalent to $F(x) =$

$x\ln n - n\ln|x| = 0$ on the interval $(-\infty, 0)$ we get $\frac{x}{\ln(-x)} = \frac{n}{\ln n}$, where introducing a new variable $x = -t$ yields a new equation

$$t(\ln t)^{-1} = -C(n).$$

We know that $t(\ln t)^{-1}$ decreases on the interval $(0,1)$ and has limits $\lim\limits_{t\to 1-0} t(\ln t)^{-1} = -\infty$ and $\lim\limits_{t\to +0} t(\ln t)^{-1} = 0$. Therefore $t(\ln t)^{-1} = -C(n)$ admits an unique solution (denote it $t_1(n)$) which belong to $(0,1)$ and converges to 1 from the left as $n \to \infty$, in other words $\lim\limits_{n\to\infty} t_1(n) = 1$.

Pass to the old variable $x = -t$. Then $t_1(n)$ corresponds to $x_1(n) = -t_1(n)$, which converges to -1 from the right as $n \to \infty$. The first equality in (2) is proved. Theorem 2 is proved.

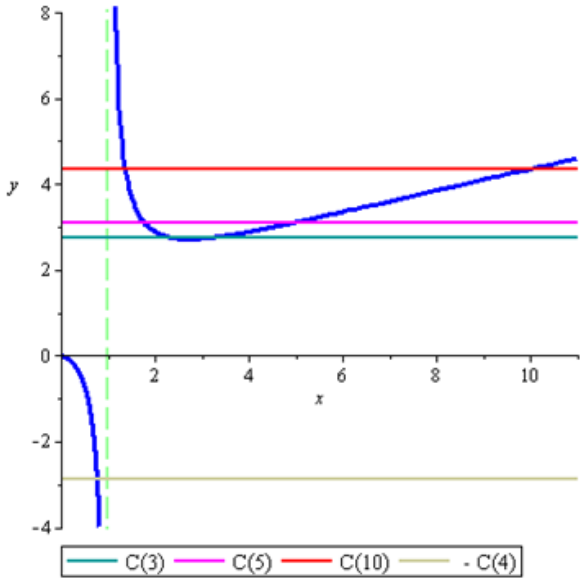


Fig. 4. The graph of the function $y = x(\ln x)^{-1}$ and straight lines $y = C(n)$ at $n = 3, 5, 10$ and $y = -C(4)$.

Proof of Theorem 3. Let $n \geq 3$. Introduce the function $\phi(x) = n^x - x^n$. Since $\ln(1+t) < t$ at $t > 0$ then for all $x > n$ we have $x^n = n^n e^{n\ln\left(1+\frac{x-n}{n}\right)} < n^n e^{x-n}$. This yields

$$\phi(x) = n^x - x^n > n^n(n^{x-n} - e^{x-n}) \qquad (5)$$

For all $x > n$. In particular (5) implies $\phi(n+1) > n^n(n-e)$ at $x = n+1$. Since $\phi(x)$ increases for $x > n$ the inequality $\phi(x) \geq \phi(n+1)$ is preserved for all $x \geq n+1$. The inequality (3) is proved. The inequality $n^x - x^n > n^n(n-3)$ follows obviously. Theorem 3 is proved.

In Table 2 results of calculations are shown which confirm Theorem 3. For large n the difference $n^x - x^n$ increases very fast starting from values $x = n+1$. Using formula $n^x - x^n > n^n(n-3)$ we can easily predict that $10^{11} - 11^{10}$ is greater than $7 \cdot 10^{10}$. The exact value $10^{11} - 11^{10}$ of calculated in Maple is 74062575399. Using formula (3) gives 72817181720. Another example is $20^{21} -$

21^{20}. It is greater than the number $20^{20} \cdot (20-3) = 17 \cdot 2^{20} \cdot 10^{20} = 17 \cdot 1024^2 \cdot 10^{20} = 1.7825792 \cdot 10^{27}$, given in Table 2.

The exact value of $20^{21} - 21^{20}$ is 181893357055304845136280359 9 or approximatively $1.8189336 \cdot 10^{27}$.

Table 2

Lower bounds of the difference $n^x - x^n$ at $x \geq n+1$.

n	x	$n^x - x^n$	$n^n(n-e)$	$n^n(n-3)$
3	4	17	7.61	0
4	5	399	328	256
5	6	7849	7130	6250
6	7	162287	153112	139968
7	8	3667649	3526179	3294172
8	9	91171007	88612527	83886080
9	10	2486784401	2433666326	2324522934
10	11	74062575399	72817181720	70000000000
20	21	$1.8189336 \cdot 10^{27}$	$1.812119491 \cdot 10^{27}$	$1.7825792 \cdot 10^{27}$

Problem 1. Is it possible to make sharper the right boundaries of estimations (1)? An idea: try to replace e to a smaller number of the kind γe^{α}, where $0 < \alpha \leq 1$ and $0 < \gamma \leq 1$.

Problem 2. We studied mutual behavior of the functions a^x and x^{β} in partial cases $\alpha = \beta = n \in N$. The general case $a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$ and $\beta \in R \backslash \{0\}$ requires supplementary studies.

References

1. Aufmann D., Lockwood J. Intermediate Algebra. An Applied Approach // Eighth edition. Brooks/Cole, USA, 2011.

Material received on 18.06.24.

Н.А. Абиев[1], Э.Н. Абиев[2]

[1]Қырғыз Республикасы ҰҒА Математика институты, Бишкек қ., Қырғыз Республикасы
[2]Мектеп-гимназия 24, Бишкек қ., Қырғыз Республикасы

ДӘРЕЖЕЛІ-КӨРСЕТКІШТІ ТИПТЕГІ ТЕҢДЕУЛЕРДІ ЗЕРТТЕУДЕ КЛАССИКАЛЫҚ ТАЛДАУ МЕН КОМПЬЮТЕРЛІК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа. Бұл мақалада біз дәрежелі және көрсеткішті функциялардың қасиеттеріне сүйене отырып, дәрежелі-көрсеткішті типтегі теңдеулерді зерттейміз және олардың тамырларының қасиеттерін көрсетеміз. Мұндай теңдеулер трансценденттi болғандықтан, түбірлердің тура мәндерін табудың ешқандай әдісі болмайды. Дегенмен, классикалық талдаудың белгілі әдістері мен Maple аналитикалық есептеу жүйесінің қаражаттарын қолдану арқылы біз түбірлердің шекараларын көрсете аламыз және дәреже көрсеткіші шексіздікке ұмтылған кезіндегі олардың жинақтылығын алдын ала болжай аламыз. Сонымен бірге, біз дәрежелі және көрсеткішті функциялардың аргументтің үлкен мәндеріндегі айырымының сапалық және сандық талдауын береміз және жылдам жуықтап есептеудің қолайлы формуласын ұсынамыз. Кестелерде келтірілген есептеу нәтижелері мен графиктер Maple программасы көмегімен алынған.

Тірек сөздер: Maple жүйесі, трансценденттік теңдеу, түбір, дәрежелі функция, көрсеткішті функция.

Н.А. Абиев[1], Э.Н. Абиев[2]

[1]Институт математики НАН Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Республика Кыргызстан
[2]Школа-гимназия 24, г. Бишкек, Республика Кыргызстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ УРАВНЕНИЙ СТЕПЕННО-ПОКАЗАТЕЛЬНОГО ТИПА

Аннотация. В данной работе опираясь на свойства степенной и показательной функций, мы исследуем степенно-показательные уравнения, устанавливаем свойства их корней. Так как такие уравнения являются трансцендентными, нет метода нахождения точных значений корней. Тем не менее, используя известные методы классического анализа и средства системы аналитических вычислений Maple, мы можем определить границы корней и предсказывать их сходимость при стремлении степеней к бесконечности. Мы также даем качественный и количественный анализ разности между степенной и показательной функциями при больших значениях аргумента и предлагаем удобный метод приближенного, но быстрого счета. Результаты вычислений, приведенные в таблицах, и графики получены с помощью Maple программы.

Ключевые слова: система Maple, трансцендентное уравнение, корень, степенная функция, показательная функция.

ҒТАМР 30.17.23

А.К. Кадиримбетова[1] – *негізгі автор,*
Р.Ж. Наметкулова[2]

[1]*Магистр, аға оқытушы,* [2]*Аға оқытушы*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0003-2839-6177;* [1]*https://orcid.org/0000-0002-1658-152X*

М.Х. ДулатиатындағыТараз өңірлік университеті,

Тараз қ., Қазақстан Республикасы

[1]*ak.kadirimbetova@dulaty.kz*

https://doi.org/10.55956/RHMF6822

ҚЫЗДЫРЫЛҒАН БӨЛШЕКТІҢ ТҰТҚЫР СҰЙЫҚТАҒЫ ҚОЗҒАЛЫСЫН ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Стокс жуықтауындағы Рейнольдс және Пекле сандарының кіші мәндері үшін қыздырылған қатты сфералық бөлшектің тұтқыр сұйықтағы қозғалысына бөлшектің беті мен одан алыс аймақ арасындағы температуралық ауытқуға байланысты ішкі жылу бөлінудің әсері туралы есептің жуықталған аналитикалық шешімі алынды. Гидродинамика теңдеулерін шешу үшін бөлшектің жылу өткізгіштік коэффициентінің температураға дәрежелік түрдегі және сұйық тұтқырлығының температураға экспоненттік-дәрежелік түрдегі тәуелділіктері қолданылды.

Тірек сөздер: тұтқыр сұйық, динамикалық тұтқырлық, Рейнольдс саны, температура, жылдамдық, жылу өткізгіштік коэффициенті, кедергі күші.

Кадиримбетова,А.К. Қыздырылған бөлшектің тұтқыр сұйықтағы қозғалысын теориялық зерттеу[Мәтін] /А.К. Кадиримбетова, Р.Ж. Наметкулова// Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.448-457.https://doi.org/10.55956/RHMF6822

Кіріспе. Мақалада бүкіл кеңістікті алып тұрған тұтқыр сығылмайтын сұйықтағы радиусы R біртекті қыздырылған қатты сфералық бөлшектің орнықты қозғалысы қарастырылады. Қарастырылып отырған гидрозольдық бөлшек өзінің ішкі жылу көздерінің әсерінен қыздырылады. Ал ішкі жылу көздерінен таралатын жылу ағынының көлемдік тығыздығы $q_i(r,\theta)$,мұндағы r және θ – сфералық кординаттар ($0 \le \theta \le \pi$). Ішкі жылу көздері көлем бойынша өтетін химиялық реакциямен, заттық бөлшектердің радиоактивтік ыдырауымен, сондай-ақ электромагниттік сәулелердің жұтылуымен және т.б. себептерден болуы мүмкін. Ендеше, ішкі жылу көздерінен таралатын жылу ағынының әсерінен бөлшектің бетіндегі орташа температура оның айналасындағы сұйықтың температурасымен бірдей болмауы мүмкін. Ары қарай бөлшектің бетінің температурасының артуы оны қоршаған сұйықтың термодинамикалық параметрлеріне, сұйықтың ағысының жылдамдығына және қысымның мәніне әсерін тигізеді. Тасымалдау процестерін сипаттайтын шамалардың ішінен тек тұтқырлық коэффициенті Сұйықтағы тасымалдау құбылыстарының барлық параметрлерінен тек тұтқырлық коэффициенті температураға тәуелділігін ерекше атап өтуге

болады. Сұйықтың динамикалық тұтқырлығының температураға тәуелділігін есептеу үшін

$$\mu_e = \mu_\infty \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} F_n \left(\frac{T_e}{T_\infty} - 1\right)\right] exp\left\{-A\left(\frac{T_e}{T_\infty} - 1\right)\right\}, \quad (1)$$

(1)-өрнекті қолданамыз. Бұл формула кең температуралық аралықта сұйық ішкі кедергісін анықтау мақсатында пайдаланылады ((1)-өрнектен Рейнольдс қатынасын$F_n = 0$ шарты орындалған жағдайда алуға болады [1]):

мұндағы A жәнеF_n – тұрақтылар, $\mu_\infty = \mu_e(T_\infty), T_\infty$ – бөлшектен алыс жердегі сұйықтың температурасы. Мысалы, су үшін $A = 5.779,\ F_1 = -2.318, F_2 = 9.118, T_\infty = 273K,$ ал глицерин үшін $A = 17.29, F_1 = -1.228, F_2 = 7.022, T_\infty = 303K.$ (1)-формуланың салыстырмалы қателігі бұл жағдайда 3%-дан аспайды.

Тұтқыр сұйыққа қатысты физикалық шамалар «*e*», ал бөлшекті сипаттайтын шамаларды «*i*» индекстерімен; бөлшектен шексіз алыс кеңістіктегі сұйықтың параметрлері «∞» индексімен белгіленген.

Бірқалыпты қыздырылмаған бетпен сұйық өзара әсерлесе отырып, осы бетпен жанаса температураның градиентімен бағыттас қозғала бастайды. Осылайша, жылулық сырғу деп аталатын құбылыс орын алады. Жылулық сырғудың әсерінен қосымша F_q күш пайда болады. Бұл күштің шамасы ортаның тұтқыр кедергі күшінің шамасына тең болған кезде, бөлшек бірқалыпты қозғала бастайды. Осылайша, бөлшектің айналасында үлкен салыстырмалы ауытқулары кезінде яғни $(T_{is} - T_\infty)/T_\infty \sim O(1)$ болғанда, мұндаT_{is} – тұтқыр ортадағы бөлшек бетінің орташа температурасы, қатты дененің тұрақталған қозғалысы пайда болуы мүмкін.

Электромагниттік сәуленің әсерімен газ бөлшектерінің қыздырылуы фотофорез деп аталады және бұл жақсы зерттелген құбылыс. Газдардағы қатты бөлшек бетіндегі жылдамдықтың жанама құраушысы $(r = R)$:

$$U_\theta = K_{is} \frac{\nu_e}{RT_e} \frac{\partial T_e}{\partial \theta} \quad (2)$$

мұндағы:U_θ –U ағыс жылдамдығының сфералық координаттардағы жанама құраушысы; ν_e – газдың кинематикалық тұтқырлығы; T_e – газдың термодинамикалық температурасы; K_{is} – газдардың молекулалық-кинетикалық теориясымен анықталатын жылулық сырғу коэффициенті (импульстің тангенциал құраушысы мен энергияның аккомодациялық коэффициентері $\alpha_\tau = 1, \alpha_E = 1$ болғандағы$K_{is} = 1.152$)[4,2,3].

Қатты гидрозольды бөлшектің бетімен сұйықтың сырғуы туралы есепті алғаш рет Бассе [5] шешкен болатын. Ол сұйықтың қатты денеге қатысты оның бетіндегі тангенсиаль жылдамдығы тангенсиаль кернеуге тура пропорционал болады деп болжады. Осы екі шаманы байланыстыратынK_{is} пропорционалдық тұрақтыны ол сырғанау коэффициенті деп атады. Егер бұл коэффицент голден өзгеше болса, онда ол тек сұйықтың табиғатына және қатты бетке байланысты деп жорамалданады. Егер сфера тыныштықта тұрған болса, және сұйық оған жұғып ағатын болса, онда осесимметриялық ағыстарға арналған бұл гипотеза мына түрге келеді (Бассе гипотезасы):

$$U_e = K_{is}\mu_e\left(\frac{\partial U_\theta}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial U_r}{\partial \theta} - \frac{U_\theta}{r}\right)$$

Изотермиялық емес тұтқыр сұйықтағы сфералық пішінді гидрозольды қатты бөлшектің ішкі жылу бөлінуінің әсері туралы теорияны құру өте күрделі мәселе болып табылады. Бұл мына жағдайларға байланысты:

а) нақты бөлшектің сұйықтағы қозғалысы гидродинамикалық және температуралық өрістердің бірқалыпсыз таралуынан туындайтын беттік құбылыстармен де, көлемдік құбылыстармен де анықталады;

ә) ағыстың себебі сұйықтың қатты бетті жанай сырғуы болып табылады. Біртекті емес сұйықтардың қатаң математикалық теориясы болмағандықтан қатты денелердің бетімен сұйықтың жылулық сырғу теориясы соңына дейін зерттелмегені белгілі.

б) бұл – бөлшек бетінің бірқалыпсыз қыздырылуы орын алуына себеп болатын жылулық энергияның қатты дененің ішінде таралу механизмі.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бүкіл кеңістікті толтырып тұрған тұтқыр сығылмайтын сұйықтағы радиусы R қатты бірқалыпты емес қыздырылған сфералық бөлшектің орныққан қозғалысы қарастырылады. Гидрозольдық бөлшек оның көлемінде әртүрлі таралған тығыздығы $q_i(r,\theta)$ ішкі жылу көздерінен берілетін жылу есебінен қыздырылады. Есепте қабылданған шарттар: бөлшектің қозғалысы кезінде фазалық ауысу болмайды; бөлшектің жылу өткізгіштік коэффициенті қоршаған сұйықтың жылу өткізгіштік коэффициентінен едәуір үлкен; бөлшектің жылуөткізгіштік коэффициентінің температураға тәуелділігі келесі түрде берілген:

$$\lambda_i = \lambda_{i\infty} t_i^{\omega},$$

мұндағы

$$\lambda_{i\infty} = \lambda_i(T_\infty), \qquad t_i = \frac{T_i}{T_\infty}.$$

Есепте қарастырылған құбылыс сфералық симметриялы деп болжам жасалды, сондықтан шешу үшінr,θ,φ сфералық координаттар жүйесі қолданылды.

Жылдамдық $\vec{U}_e$, қысым P_e және T_e, T_i температуралар үшін шекаралық шарттар келесі түрде жазылады:

$$\nabla P_e = \mu_e \Delta\vec{U}_e + 2(\nabla\mu_e\nabla)\vec{U}_e + \left[\nabla\mu_e \times rot\vec{U}_e\right],$$

$$div\vec{U}_e = 0, \tag{3}$$

$$\Delta T_e = 0, \tag{4}$$

$$div(\lambda_i \nabla T_i) = -q_i. \tag{5}$$

$$r = R: \quad U_r = 0, \quad U_\theta = K_{ts}\frac{v_e}{RT_e}\frac{\partial T_e}{\partial\theta}, \quad T_e = T_i,$$

$$\lambda_e\frac{\partial T_e}{\partial r} = \lambda_i\frac{\partial T_i}{\partial r} + \sigma_0\sigma_1\left(T_i^4 - T_\infty^4\right),$$

$$r \to \infty: \quad \vec{U}_e \to U_\infty cos\theta \vec{e}_r - U_\infty sin\theta \vec{e}_\theta,$$

$$P_e \to P_\infty, \quad T_e \to T_\infty, \tag{6}$$

$$r \to 0: \qquad T_i \neq \infty.$$

мұндағы:U_rжәне U_θ – массалық $\vec{U}_e$ жылдамдықтың радиалдық және жанама құраушылары; U_∞ – бөлшекті орап өтетін жазық параллель ағыстың жылдамдығы $(\vec{U}_\infty \parallel OZ)$; $\vec{e}_r$және $\vec{e}_\theta$ – сфералық координаттар жүйесінің бірлік векторлары;$U_\infty = |U_\infty|$; σ_0 −Стефан-Больцман тұрақтысы, σ_1 −аралықтың интегралдық дәрежесі.

Есептің анықтаушы параметрлері $\rho_e, \mu_\infty, \lambda_e$ коэффициенттері және сфералық бөлшектің қозғалысы кезінде сақталатын шамалар – R, T_∞ және U_∞болып табылады. Осы параметрлердің көмегімен Рейнольдс санының формуласын алуға болады:

$$Re_\infty = \frac{\mu_\infty U_\infty R}{\rho_e} \ll 1.$$

(3)-(1) теңдеулері мен (6) шекаралық шарттарды келесі өлшем бірліксіз шамалар түрінде жазамыз:

$$\vec{V}_e = \frac{\vec{U}_e}{U_\infty}, \quad t_k = \frac{T_k}{T_\infty}, \qquad p_e = \frac{P_e}{P_\infty}, \qquad P_\infty = \frac{\mu_\infty U_\infty}{R}, \qquad k = e, i.$$

$\varepsilon = Re_\infty$болғанда сұйықтың ағысы тек қоздырушы әсер көрсетеді және сондықтан гидродинамика мен жылу тасымалдау теңдеулерінің шешімін келесі түрде іздестіру керек:

$$\vec{V}_e = \vec{V}_e^{(0)} + \varepsilon \vec{V}_e^{(1)} + \cdots,$$

$$p_e = p_e^{(0)} + \varepsilon p_e^{(1)} + \cdots, \; t = t^{(0)} + \varepsilon t^{(1)} + \cdots \tag{7}$$

Зерттеу нәтижелері. Температура өрісін анықтау. Гидрозольдық бөлшектің орныққан қозғалысының жылдамдығы мен күштің өрнегін қорытып шығару.

(7)-өрнекті (3)-(5) теңдеулер жүйесіне қойып, айнымалыларды ажырата отырып, массалық жылдамдық пен температура өрісінің құраушылары үшін келесі өрнектерді алдық:

$$V_r(y, \theta) = cos\theta\big(1 + A_1 G_1(y) + A_2 G_2(y)\big),$$

$$t_e(y, \theta) = t_e^{(0)}(y) + \varepsilon t_e^{(1)}(y, \theta), \tag{8}$$

$$V_\theta(y, \theta) = -sin\theta\big(1 + A_1 G_3(y) + A_2 G_4(y)\big),$$

$$t_i(y, \theta) = t_i^{(0)}(y) + \varepsilon t_i^{(1)}(y, \theta), \tag{9}$$

$$G_1 = -\frac{1}{y^3}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Delta_n^{(1)}}{(n+3)y^n},$$

$$G_2 = -\frac{1}{y}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Delta_n^{(2)}}{(n+1)y^n} - \frac{\alpha}{y^3}\sum_{n=0}^{\infty}\left[(n+3)ln\frac{1}{y} - 1\right]\frac{\Delta_n^{(1)}}{(n+3)y^n},$$

$$G_3 = G_1 + \frac{y}{2}G_1^I, \quad G_4 = G_2 + \frac{y}{2}G_2^I,$$

$$t_e^{(0)}(y) = 1 + \frac{\gamma}{y}, \ V = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

$$t_i^{(0)}(y) = \left(B_0 + \frac{1+\omega}{4\pi R\lambda_{i\infty}T_\infty y}\int_V q_i dV + \int_V \frac{f_0}{y}dy - \frac{1}{y}\int_V f_0 dV\right)^{\frac{1}{1+\omega}},$$

$$y = \frac{r}{R}, \tag{10}$$

$$t_i^{(1)}(y,\theta) = \frac{cos\theta}{(1+\omega)t_{i0}^{\omega}}\left(By + \frac{(1+\omega)RJ}{3\lambda_{i\infty}T_\infty y^2} + \frac{1}{3}\left[y\int_1^y \frac{f_1}{y^2}dy - \frac{1}{y^2}\int_1^y f_1 dy\right]\right),$$

$$t_e^{(1)} = \frac{\Gamma}{y^2}cos\theta,$$

$$f_n(y) = -\frac{(1+\omega)R^2}{\lambda_{i\infty}T_\infty}y^2\frac{2n+1}{2}\int_{-1}^{+1} q_i(r,\theta)\,P_n(x)dx,$$

$$J = \frac{1}{V}\int_V q_i z dV$$

– жылу көздерінің тығыздығының дипольдік моменті, $P_n(x)$ –Л

– ежандр полиномы, $x = cos\theta, \ z = rcos\theta$.

(10)-өрнектегі $G_1', G_2'' -$ сәйкес функциялардың у бойынша бірінші және екінші реттік туындылары $(k = 1{,}2)$. $\Delta_n^{(1)}(n \geq 1)$ және $\Delta_n^{(2)}(n \geq 3)$ коэффициенттерінің мәндері келесі рекурренттік қатынастардың көмегімен анықталады:

$$\Delta_n^{(1)} = -\frac{1}{n(n+5)}\sum_{k=1}^{\infty}\left[(n+4-k)\left(\alpha_k^{(1)}(n+5-k) - \alpha_k^{(2)}\right) + \alpha_k^{(3)}\right]\gamma^k\Delta_{n-k}^{(1)},$$

$$\Delta_n^{(2)} = -\frac{1}{(n+3)(n-2)}\left[-6\alpha_n^{(4)}\gamma^{(n)} + \sum_{k=1}^{n}\left\{(n+2-k)\left(\alpha_k^{(1)}(n+2-k) - \alpha_k^{(2)}\right) + \alpha_k^{(3)}\right\}\times\right.$$

$$\times \gamma^k \Delta_{n-k}^{(2)} + \alpha \sum_{k=0}^{n} \left[(2n+5-2k)\alpha_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)} \right] \gamma^k \Delta_{n-k-2}^{(1)} \Bigg].$$

Жоғарыда келтірілген формулалар бойынша $\Delta_n^{(1)}$ және $\Delta_n^{(2)}$ коэффициенттерін есептеу кезінде келесі қатынастарды ескеру керек:

$$\Delta_0^{(1)} = -3, \quad \Delta_0^{(2)} = -1, \quad \Delta_2^{(2)} = 1, \quad \alpha_0^{(1)} = \alpha_0^{(4)} = 1, \quad \alpha_0^{(3)} = -4,$$

$$\alpha_n^{(1)} = F_n,\ \alpha_n^{(1)} = (4-n)F_n + AF_{n-1},\ \alpha_0^{(2)} = 4, \alpha_n^{(4)} = A^n/n!,$$

$$\alpha_n^{(3)} = 2AF_{n-1} - 2(n+2)F_n,$$

$$\Delta_n^{(1)} = -\frac{\gamma}{4}\left[6\alpha_1^{(4)} + 2\left(3\alpha_1^{(1)} - \alpha_1^{(2)} \right) + \alpha_1^{(3)} \right],$$

$$\alpha = \frac{\gamma}{15} \begin{Bmatrix} -6\gamma\alpha_2^{(4)} + \left[3\left(4\alpha_1^{(1)} - \alpha_1^{(2)} \right) + \alpha_1^{(3)} \right] \Delta_1^{(2)} \\ \\ -\left[2\left(3\alpha_2^{(1)} - \alpha_2^{(2)} \right) + \alpha_2^{(3)} \right] \end{Bmatrix}.$$

(8) – (9)-формулаларына кіретін интегралдау тұрақтылары бөлшектің бетіндегі шекаралық шарттардан анықталады және содан кейін кернеулік тензорын бөлшектің беті бойынша интегралдау арқылы гидрозольдық бөлшекке әсер ететін, тұтқыр кедергі күші $\vec{F}_\mu$мен $\vec{F}_q$ күштен тұратын $\vec{F}$ толық күш үшін келесі өрнекті аламыз:

$$\vec{F} = \vec{F}_\mu + \varepsilon \vec{F}_q, \tag{11}$$

мұндағы

$$\vec{F}_\mu = -6\pi R \mu_\infty U_\infty f_\mu \vec{n}_z, \qquad \vec{F}_q = 6\pi R \mu_\infty f_q J \vec{n}_z,$$

$$f_\mu = \frac{2}{3}\frac{N_2}{N_1} exp(-A\gamma), \quad f_q = K_{is}\frac{4}{3}\frac{\nu_{es}}{t_{es}}\frac{G_1}{N_1 \delta \lambda_{is} T_\infty} exp(-A\gamma),$$

$$N_1|_{y=1} = G_1 G_2' - G_2 G_1', \quad N_1|_{y=1} = -G_1', \qquad t_{es} = t_e^{(0)}\Big|_{y=1},$$

$$\delta = 1 + 2\frac{\lambda_{e\infty}}{\lambda_{is}} + 4\frac{\sigma_0 \sigma_1}{\lambda_{is}} T_\infty^3 t_{es}^3, \quad \lambda_{is} = \lambda_{i\infty} t_{es}^\omega,$$

$\vec{n}_z -$ Z осі бағытындағы бірлік вектор. «s» индексімен келесі (12) – трансценденттік теңдеудің шешімімен анықталатын гидрозольдық бөлшектің бетінің орташа салыстырмалы$t_{es} = T_{es}/T_\infty$температурасы кезінде алынған физикалық шамалар белгіленген:

$$\frac{T_{es}}{T_\infty} = 1 + \frac{1}{4\pi R\lambda_{e\infty}T_\infty}\int_V q_i(r,\theta)dV - \frac{\sigma_0\sigma_1 RT_\infty^3}{\lambda_{e\infty}}\left[\left(\frac{T_{es}}{T_\infty}\right)^4 - 1\right]. \quad (12)$$

(12)-өрнектегі интегралдау бөлшектің бүкіл көлемі бойынша жүргізіледі.

$\lambda_e \ll \lambda_i$ шарты орындалған жағдайда бөлшек-сұйық орта жүйесінде динамикалық тұтқырлық коэффициентіндегі θ бұрышына тәуелділікті ескермесе болады, және$\mu_e(t_e) \approx \mu_e\left(t_e^{(0)}\right)$ есептелінеді. Осы жағдайды ескерсек (1)-өрнек келесі түрде жазылады:

$$\mu_e = \mu_\infty\left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} F_n\frac{\gamma^n}{y^n}\right] exp\left(-A\frac{\gamma}{y}\right). \quad (13)$$

(13)-формулажылулық құбылысқа берілген есеп пен гидродинамикалық есепті жеке-жеке қарастыруға мүмкіндік береді. Есептердің шешімдерін біріктіріп, ұжымдастыру гидрозольдық бөлшектің бетіндегі шекаралық шарттардың көмегімен жүргізіледі.

Жалпы $\vec{F}$ күшті нольге теңестіріп, сфералық пішінді қатты бөлшектің тұтқыр изотермиялық емес сұйықтағы орнықкан қозғалысының жылдамдығының өрнегін аламыз:

$$\vec{U}_q = -\varepsilon\frac{f_q}{f_\mu}J\vec{n}_z. \quad (14)$$

Ғылыми нәтижелерді талқылау.(14)-формула бойынша бөлшек қозғалатын сұйық тұтқырлығының температураға экспоненттік тәуелділігі түрінде бөлшектің қозғалыс жылдамдығына ішкі жылу көзінің әсерін бағалауға болады.

(11) және (14)-өрнектерден $\vec{F}_q$ күштің және $\vec{U}_q$ бөлшектің жылдамдығының модульдері мен бағыттары оның жылу өткізгіштігі мен жылу көздерінің тығыздығы, дипольдік моменттің бағыты мен шамасына тәуелді екені анықталды. $\lambda_i \to \infty$ болғанда F_q және U_q мәндері жылу көздерінің тығыздығының дипольдік моментінің бекітілген шамасында нолге ұмтылады.

Гидрозольды бөлшектің көлемінде біртексіз таралған жылу көздерінің оның тұрақталған қозғалыс жылдамдығына қосатын үлесін бағалау үшін, жылу көздерінің табиғатын нақтылап анықтап алу керек. Қандай бір жағдайды алып қарайық. Мұнда бөлшектің электромагниттік сәуле шығаруы жылу көздерінің тығыздығымен жұтылуы мүмкін, сонымен қатар, бөлшектің сәулені жұтуы қара дененің сәуле жұтуымен бірдей деуге болады. Олай болса, сәуленің жұтылуы $\delta R \ll R$қабатында болады, ал жылу шығаратын көздердің тығыздығы былай есептеледі:

$$q_i(r,\theta) = \begin{cases} -\dfrac{I_0}{\delta R}, & \dfrac{\pi}{2} \le \theta \le \pi, \quad R - \delta R \le r \le R \\ 0, & 0 \le \theta \le \dfrac{\pi}{2} \end{cases}$$

мұндағы,I_0 – түскен сәуленің интенсивтілігі.

Осы шарттар орындалғанда

$$\int_V q_i(r,\theta)\, zdV = -\frac{3}{2}\pi R^3 I_0 . \quad \int_V q_i(r,\theta) dV = \pi R^2 I_0$$

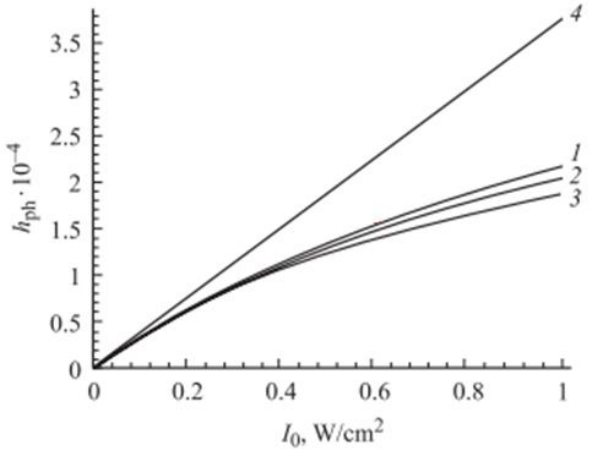
өрнектерін аламыз. Абсолюттік қара қатты дененің сфералық бөлшегінің орнықты қозғалыс жылдамдығы мен оған әсер етуші күшті келесі өрнектермен есептейміз:

$$F_{ph} = -\varepsilon 6\pi R \mu_\infty K_{is} f_{ph}, \quad U_{ph} = \varepsilon K_{is} h_{ph},$$

мұндағы:

$$f_{ph} = \frac{2}{3}\frac{\nu_{es}}{t_{es}}\frac{G_1}{N_1 \delta \lambda_{is} T_\infty} exp\{-A\gamma\} I_0,$$

$$h_{ph} = \frac{\nu_{es}}{t_{es}}\frac{G_1}{N_2 \delta \lambda_{is} T_\infty} I_0. \qquad (15)$$



Сурет 1. h_{ph} функциясының түсетін сәуленің интенсивтілігіне тәуелділігі $I_0, \omega = 0.5\ (I); 0.7\ (2); 1(3)$. 4-қисық температураның аз ауытқуына сәйкес келеді

Ішкі жылу бөлінудің қатты гидрозольды бөлшектің қозғалыс жылдамдығына қосқан үлесін (суретті қара) көрсету үшін h_{ph} функциясының мәндерінің түстерін сәуленің I_0интенсивтлігіне тәуелділігі (15)-формулада келтірілген.$T_\infty = 273\ K, \lambda_{i\infty} = \frac{55W}{m} \cdot degree,$ және $\omega = 0.5$ кездегі (I қисығы); 0.7 (қисық 2) және 1 (қисық 3) кезде суда өлшенген бор графитінің сандық бағалаулары. Қисық 4 температураның салыстырмалы аз ауытқуларында тұрғызылған ($\gamma \to 0,\ \omega = 0$), бірақ молекулалық тасымалдаудың коэффициенттері бөлшектің бетіндегі орташа температурасымен алынды. Есептеулер көрсеткендей, ішкі жылу бөлінуді есептеу гидрозольды бөлшектің тұрақталған қозғалысының жылдамдығына едәуір әсер етеді.

Қорытынды. Сфералық пішіндегі гидрозольды бөлшекке әсер ететін күшке және оның тұрақталған қозғалысының жылдамдығына оның беті мен

сұйық арасындағы, және одан алыс жердегі, жылудың көлем бойымен ішкі жылу көздерінің есебінен бөлшек бетінің қыздырылуынан біртекті емес температураның кез келген ауытқуына арналған өрнектер алынды. Жұмыстың нәтижелері тәжірибелік қондырғыларды жобалауда қолданыла алады, оларда гидрозольды бөлшектердің бағытталған қозғалысы қамтамасыз етілуі керек; арналардағы гидрозольды бөлшектердің тұну жылдамдығын бағалауда; химиялық реакциялардың өту аймақтарындағы гидрозольды бөлшектердің тасымалдау процестерін талдауда және т.с.с. Талқыланып отырған құбылыстың сандық зерттелуі қатты бөлшектер үшін нақты эксперименттік мәселе болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Коротких, А.Г. Основы гидродинамики и теплообмена в ядерных реакторах [Текст]: учебное пособие/ А.Г.Коротких, И.В.Шаманин. – Томск: ТГУ, 2007. – 117с.
2. Береснев, С.А. Оптика атмосферы и океана[Текст] / С.А.Береснев, Л.Б.Кочнева. – 2003. – Т. 16. – № 2. – С. 134-141.
3. Сенницкий, В.Л. Об управлении подъемной силой, действующей на твердое тело в вязкой жидкости [Текст]/ В.Л.Сенницкий// Современные проблемы механики сплошных сред и физики взрыва. – Новосибирск: Изд-во Институт гидродинамики им.М.А.Лаврентьева СО РАН, 2017. – С.235-236.
4. Сахин, В.В. Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача) [Текст]: учебное пособие/ В.В. Сахин. – Санкт-Петербург: БГТУ, 2013. – 224с.
5. Қамбаров, Ж.К. Сұйықжәне газ механикасы [Мәтін]: оқуқұралы/ Ж.К.Қамбаров, В.Э.Абсиметов, Б.Б. Унайбеков, Ж.А.Марденов, В.А.Арсенин. – Алматы: CyberSmith, 2021. – 140 бет.

Материал редакцияға 18.01.24 түсті.

А.К. Кадиримбетова[1], Р.Ж. Наметкулова[1]

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НАГРЕТОЙ ЧАСТИЦЫ В ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация.Для малых значений чисел Рейнольдса и Пекле в приближении Стокса было получено приближенное аналитическое решение задачи о влиянии внутреннего тепловыделения на движение нагретой твердой сферической частицы в вязкой жидкости из-за температурных колебаний между поверхностью частицы и областью, удаленной от нее. Для решения уравнений гидродинамики использовались зависимости коэффициента теплопроводности частицы от температуры в степенном виде и вязкости жидкости в экспоненциально-степенном виде от температуры.

Ключевые слова: вязкая жидкость, динамическая вязкость, число Рейнольдса, температура, скорость, коэффициент теплопроводности, сила сопротивления.

A.K.Kadirimbetova[1], R.Zh.Nametkulova[1]

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

THEORETICAL STUDY OF THE MOTION OF A HEATED PARTICLE IN A VISCOUS LIQUID

Abstract. For small values of the Reynolds and Peclet numbers in the Stokes approximation, an approximate analytical solution was obtained to the problem of the effect of internal heat release on the motion of a heated solid spherical particle in a viscous liquid due to temperature fluctuations between the surface of the particle and a region remote from it. To solve the equations of hydrodynamics, the dependences of the thermal conductivity coefficient of a particle on temperature in a power-law form and the viscosity of a liquid in an exponentially power-law form on temperature were used.

Keywords:viscous liquid, dynamic viscosity, Reynolds number, temperature, velocity, coefficient of thermal conductivity, resistance force.

References

1. Korotkov, A.G.,Shamanin,I.V.Osnovygidrodinamikiiteploobmena v yadernykhreaktorakh[Fundamentals of hydrodynamics and heat transfer in nuclear reactors]: textbook. – Tomsk: TSU, 2007. – 117p.,[in Russian].
2. Beresnev S.A., Kochneva L.B. Optikaatmosferyiokeana[Optics of the atmosphere and ocean]. 2003. Vol. 16, No. 2. P. 134-141,[in Russian].
3. Sennitsky, V.L. Ob upravleniipod"yemnoysiloy, deystvuyushcheynatverdoyetelo v vyazkoyzhidkosti[On the control of the lifting force acting on a solid in a viscous liquid]// Sovremennyyeproblemymekhanikisploshnykhsredifizikivzryva[Modern problems of continuum mechanics and explosion physics].– Novosibirsk: Publishing house of the Lavrentiev Institute of Hydrodynamics SB RAS, 2017. – 235-236p.,[in Russian].
4. Sakhin, V.V. Konvektivnyyteploobmen v odnorodnoysrede (teplootdacha) [Convective heat transfer in a homogeneous medium (heat transfer)]: textbook. – St. Petersburg: BSTU, 2013. – 224p.,[in Russian].
5. Kambarov, Zh.K., Absimetov, V.E., Unaibekov, B.B., Mardenov, Zh.A., Arsenin,V.A. Suyıqjänegazmexanïkası[Mechanics of liquid and gas]: textbook. – Almaty: CyberSmith, 2021. – 140 p.,[in Kazakh].

ҒТАМР 29.05.15

О. Иманбек[1] – *негізгі автор*,
Г. Абдраманова[2]

[1]*Физ.-мат. ғылым. канд., доцент*, [2]*Докторант*

[1]*https://orcid.org/0000-0001-9207-719* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4722-141X*

[1,2]*Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті*,

Алматы қ., Қазақстан

[1]*banu.95@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/PRTV3699

АРАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ He ИЗОТОПТАРЫНДАҒЫ АДРОНДАРДЫҢ СЕРПІМДІ ШАШЫРАУЫ

Аңдатпа. Жұмыста Глаубердің көпреттік шашырауының дифракциялық теориясы негізінде аралық энергиялардағы ^{3}He және ^{4}He изотоптарындағы серпімді шашырауы зерттелді. ^{3}He изотобының ішкі күйі қарапайым осциляторлық функциямен сипатталған. Бұл функция берілген ядроның статистикалық сипаттамаларын жақсы қайталайды. ^{4}He құрылымсыз бөлшек тәрізді қарастырылады. Жұмыста жасалған есептеу схемасы бірреттік, екі- және үшреттік шашыраулардың қимадағы үлесін бөліп алуға мүмкіндік береді. Олардың әрқайсысы нақты берілген импульстар кезінде басым болады. ^{3}He үшін есептеу нәтижелері ұшып келетін протондардың екі түрлі 600 және 715 МэВ энергиялары кезіндегі эксперимент нәтижелерімен салыстырылады және олармен жақсы үйлеседі. ^{4}He изотобындағы шашырау үшін 560 МэВ энергиялары кезіндегі нәтижелер келтірілген. Барлық графиктерде қиманың абсолюттік мәнінің, сондай ақ дифракциялық минимумның орнының да сипатталуы қанағаттанарлық. Дайындалған есептеу схемасы және элементар нуклон-нуклондық амплитуданың табылған параметрлері маңызды болып табылады, себебі оларды анағұрлым күрделі үрдістерді талдау үшін қолдануға болады.

Тірек сөздер: Глаубердің дифракциялық теориясы, жеңіл ядролардың кластерлік құрылымы, адрон-нуклондық элементар амплитуда, дифференциалдық қима, ^{3}He және ^{4}He ядроларының құрылымы, шашырау операторы.

Иманбек, О. Аралық энергиялардағы He изотоптарындағы адрондардың серпімді шашырауы [Мәтін] / О. Иманбек, Г. Абдраманова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.458-467. https://doi.org/10.55956/PRTV3699

Кіріспе. Жеңіл ядролардың қасиеттері мен олардың басқа бөлшектермен өзара әсерлесу механизмін эксперименттік және теориялық зерттеу атом ядросы мен ядролық реакциялар теориясының маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Жеңіл ядролардағы нуклондар санының көп болмауы оларды теориялық зерттеуді жеңілдетуіне, және сонымен бірге көптеген денелердің ядролық өзара әсерлесуінің әртүрлі аспектілері көрінетіндей нуклондар санының жеткілікті болуына байланысты жеңіл ядроларды зерттеуге деген қызығушылық жоғары. Осындай зерттеулерді жүргізу үшін қолданылатын негізгі әдістер әртүрлі бөлшектердің серпімді және серпімсіз шашырауын зерттеу болып табылады. Қазіргі уақытта барлық бөлшектердің ішінен

анағұрлым толық зерттелгені энергиясы мен шашырау бұрыштарының жеткілікті кең диапазонындағы протондардың серпімді және серпімсіз шашырауы. Осыған байланысты, ^{3,4,6,8}He, ^{8,9,11}Li, ^{12,14}Be ядроларымен протондардың өзара әсерлесуінің дифференциалдық қимасы жылдан жылға мұқият өлшенген GSI-ПИЯФ (Германия-Ресей) [1-3] коллаборациясының эксперименттік жұмыстарының үлкен циклін атап өтуга болады. Осы жұмыстардың қызықты нәтижелерінің бірі зерттелген кейбір ядролардың экзотикалық гало құрылымдарының дәлелденуі болып табылады. Осы ғылыми коллаборация ^{7}Be және ^{8}B ядролары үшін энергиясы 700 МэВ болған кездегі алдыңғы бұрыштардағы протондардың серпімді шашырауының дифференциалдық көлденең қимасы өлшенген жаңа және өте маңызды эксперимент [4] жүргізді.

Жеңіл экзотикалық ядролармен реакцияны теориялық талдау байланысқан арналар әдісі, жазық және ауытқыған тоқындармен импульстік жуықтау, релятивистік импульстік жуықтау, оптикалық модель, Глаубердің көпреттік шашырау теориясы және т.с.с. әртүрлі модельдердің негізінде жүргізіледі. Талдау үшін қандай да бір әдісті қолдану мүмкіндігі көптеген факторларға байланысты, соның ішінде өзара әсерлесуші бөлшектердің энергиясына, реакциялардың кинематикасына және т.б. Энергиясы бірнеше жүздеген МэВ бөлшектердің үлкен емес бұрыштарға шашырауы Глаубердің көпреттік шашырау теориясымен жақсы сипатталады [5]. Глаубер теориясы мұндай зерттеулердің танылған және өте сенімді құралы болып табылады және қазіргі уақытта әртүрлі серпімді және серпімсіз процестерді талдау үшін өте сәтті қолданылады (мысалы, соңғы жұмыстардың бірін қараңыз [6]). Біз алдағы уақытта [4] жұмыстың нәтижелеріне Глаубер теориясының шеңберінде теориялық талдау жүргізуді жоспарлап отырмыз. Осыған байланысты бұрынырақ [7] жұмыста осы реакцияның дифференциалдық қимасын есептеу үшін математикалық формализм жасалған. ^{7}Be ядросының ішкі күйі (α-τ) екіденелік толқындық функциямен жақсы дәлдікпен сипатталады [8], мұндағы τ≡^{3}He. Осындай жуықтауда протондардың ^{7}Be ядросында шашырауы Глаубер теориясының шеңберінде α және ^{3}He кластерлеріндегі бірреттік шашырауы мен осы екі кластерлердегі екі реттік шашыраулардың қосындысына келтіріледі. Сонымен бірге α-бөлшекті құрылымсыз деп есептеуге болады және Глаубер есептеулерінде элементар pα-амплитудасының параметрлерін сәйкес кинематикалық аумақтардағы басқа тәуелсіз эксперименттерден алу керек. Бірақ, p^{3}He -шашырауы үшін жағдай басқаша, қазіргі уақытта ғылыми әдебиеттерде оның элементар амплитудасының параметрлері табылмайды. Сондықтан біз жасаған формализмде протонның ^{3}He-кластеріндегі шашырауы оның үшнуклондық құрылымы ескеріліп қарастырылады. Мұндай есептеулер үшін біз таңдап алынған NN-амплитуданың параметрлеріне сәйкес қызықтырып отырған кинематикалық аумақта еркін p^{3}He -шашырау қаншалықты дұрыс сипатталатыны туралы мәселе маңызды болып табылады. Берілген жұмыс дәл осы мәселеге арналады.

^{3}He ядросындағы протондардың серпімді шашырауы аралық энергияларда эксперименттік және теориялық түрде бірқатар жұмыстарда зерттелген [9-18]. Бұл жұмыстардың басым бөлігінде серпімді шашыраудың дифференциалдық қималары зерттелген. Пояризациялық сипаттамалары өлшемдері берілген жеке жұмыстар бар [13,15]. Бұл мәліметтердің теориялық талдауларында нуклондар арасындағы қысқа мерзімді әсер етуші корреяция, үш бөлшекті күш эффектісі және т.б. талқыланған. [19] жұмыста Глаубер теориясындағы профильды функцияның комутативті жуықтауларының ролі

және онымен байланысты көп реттік шашырау процестеріндегі соқтығысулардың уақыттық ретті есекру қажеттілігі талқыланған.

Берілген жұмыста Глаубердің көп реттік шашырау теориясының шеңберінде біз 600 және 715 МэВ энергиядағы ^{3}He ядросындағы протондардың шашырауын талқыладық. Қажетті эксперименттік мәліметтерді [9,13] жұмыстардан аламыз. Мұндағы апробацияланған есептеу схемалары және анықталған элементар NN-амплитудалардың параметрлерін болашақта ^{7}Ве протондардың шашырауын теориялық талдауда қолдануға болады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Математикалық формализмнің элементтері. Шашыраудың дифференциалдық көлденең қимасы мына өрнекпен анықталады:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left|M_{if}(q)\right|^2, \tag{1}$$

мұндағы, $M_{if}(q)$ зерттелетін процестің матрицалық элементі. ^{3}He ядросындағы протондардың серпімді шашырауы үшін ол мына түрде болады:

$$M_{if}(\vec{q}) = \frac{ik}{2\pi}\int d\vec{\rho}\, d\vec{R}_{3He} \exp(i\vec{q}\vec{\rho})\, \delta\left(\vec{R}_{3He}\right)\langle \Phi_{3He}|\Omega|\Phi_{3He}\rangle \tag{2}$$

мұнда: $\vec{R}_{3He}$ – ^{3}He ядросының массалар центрінің координатасы, $q = 2k\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ серпімді шашырау жағдайындағы, $\vec{q} = \vec{k} - \vec{k}'$ реакцияға берілген импульс, $\vec{\rho}$ – ұшып келетін бөлшектің импульсына перпендикуляр болатын әсер ету параметрі, θ – шашырау бұрышы, $\vec{k}$ және $\vec{k}'$ – (р-^{3}He) ұшып келетін және ұшып шығатын бөлшектің импульстары, Φ_{3He} – ^{3}He ядросының толқындық функциясы.

(2)-гі көп реттік шашыраудың Глауберов операторы Ω, ^{3}He ядросының үш нуклондық құрылымын есерсек, мына түрде болады:

$$\Omega_\tau = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - \omega_1\omega_2 - \omega_1\omega_3 - \omega_2\omega_3 + \omega_1\omega_2\omega_3 \tag{3}$$

мұндағы, $\omega_j - j$ –ші нуклонның «профилінің» функциясы, ол келесі түрде анықталады:

$$\omega_j\left(\vec{\rho} - \overrightarrow{\rho_j}\right) = \frac{1}{2\pi ik}\int d^2\vec{q} \exp\left[-i\vec{q}\left(\vec{\rho} - \vec{\rho}_j\right)\right] f_{pj}(q). \tag{4}$$

мұнда, $\vec{\rho}_j$ – нысана ядросының нуклондарының екі өлшемді координаталары (жазықтықта ұшып келетін бөлшектің импульсына перпендикуляр болады).

Протон-нуклондық өзара әсерлесудің элементар амплитудасы $f_{pj}(q)$ келесі стндарттық түрде гауссоидамен параметрленеді [5]:

$$f_{pN}(q) = \frac{k\sigma_{pN}}{4\pi}\left(i + \gamma_{pN}\right)exp\left(-\frac{\delta_{pN}}{2}q^2\right), \tag{5}$$

мұндағы: σ_{pN} – протонның нуклондармен шашырауының толық қимасы; δ_{pN} – шашырау конусының көлбеу параметрі; γ_{pN} – элементар; pN –элементар шашырауының амплитудасының шын бөлігінің жалған бөлігіне қатынасы; σ_{pN} және γ_{pN} мәндері тұрақты, ал δ_{pN} әдетте еркін pN-шашырауы бойынша тәуелсіз эксперименттік мәліметтердің ең айқын сипаттамасынан алынады.

Біз өз есептеулерімізде ^{3}He ядросының негізгі күйін [14,16] жұмыстардан алынған келесі толқындық функциямен сипаттаймыз:

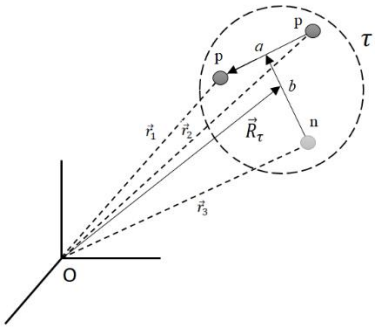
$$\Phi_{3He}(\vec{r}_1,\vec{r}_2,\vec{r}_3)=\frac{3^{3/4}\alpha^3}{\pi^{3/2}}exp\left[-\frac{1}{2}\alpha^2(\vec{r}_1^{\,2}+\vec{r}_2^{\,2}+\vec{r}_3^{\,2})\right].$$

мұнда, α параметр $\langle r^2\rangle=\frac{1}{3\alpha^2}$ шартынан анықталған, мұндағы $\langle r^2\rangle$ ядроның орташа квадраттық радиусы. Табылған мән $\alpha=0.343$ фм$^{-1}$. Берілген функция 1-суретке сәйкес Якобидің $(\vec{a},\vec{b})$ салыстырмалы координаталарында мына түрге ие болады:

$$\Phi_{3He}(\vec{a},\vec{b})=\frac{3^{3/4}\alpha^3}{\pi^{3/2}}exp\left[-\alpha^2\left(\frac{3}{4}a^2+b^2\right)\right] \quad (6)$$

Ол мына шартпен нормаланған:

$$\int_{-\infty}^{\infty}\left|\Phi_{3He}(\vec{a},\vec{b})\right|^2 d\vec{a}\,d\vec{b}=1 \quad (7)$$



Сурет 1. ^{3}He ядросының бір бөлшекті және Якоби координаталары

Сонда (2) матрицалық элемент, $d\vec{R}_{3He}$ бойынша интегралданғаннан кейін, $\delta(\vec{R}_{3He})$ ескеріп, келесі түрге келеді:

$$M_{if}(\vec{q})=\frac{ik}{2\pi}\int\left|\Phi_{3He}(\vec{a},\vec{b})\right|^2\Omega_\tau\cdot\exp(i\vec{q}\vec{\rho})\,d\vec{\rho}\,d\vec{a}\,d\vec{b}=$$

$$=\int\left|\Phi_{3He}(\vec{a},\vec{b})\right|^2 F(\vec{q})\,d\vec{a}\,d\vec{b}, \quad (8)$$

мұндағы:

$$F(\vec{q})=\frac{ik}{2\pi}\int\Omega_\tau\cdot exp(i\vec{q}\vec{\rho})\,d\vec{\rho}.$$

Көп ретті шашырау операторының (3) және (4) профильді функцияның берілген түрінде, (8) өрнектегі интеграл $d\vec{\rho}$ бойынша аналитикалық түрде алынады.

Бір ретті шашырау үшін алатынымыз:

$$F_j(\vec{q})=\frac{ik}{2\pi}\int e^{i\vec{q}\,\vec{\rho}}\frac{1}{2\pi ik_j}\int e^{-i\vec{q_j}\,(\vec{\rho}-\vec{\rho}_j)}\,f_j(\vec{q}_j)\,d\vec{q}_j\,d\vec{\rho}. \quad (9)$$

Бұл өрнектегі интеграл тек ғана $d\vec{\rho}$, және $d\vec{q}_j$ бойынша аналитикалық алынады және нәтижесінде $F_j(q)$ үшін аламыз:

$$F_j(\vec{q}) = \frac{k}{k_j}\, f_j(\vec{q}) e^{i\vec{q}\vec{\rho}_j}, \tag{10}$$

мұндағы, $\vec{\rho}_j = \alpha_j \vec{a} + \beta_j \vec{b}$, 1-суретке сәйкес алатынымыз $\alpha_1 = 1/2$, $\alpha_2 = -1/2$, $\alpha_3 = 0$, $\beta_1 = 1/3$, $\beta_2 = 1/3$, $\beta_3 = -2/3$.

$d\vec{\rho}$ бойынша интегралдаудан соң және тасымалданатын $d\vec{q}_i$ импульстер бойынша екі ретті шашырау үшін алатынымыз:

$$F_{ij}(\vec{q}) = \frac{k}{2\pi i k_i k_j} \int e^{i\vec{q}\,\vec{\rho}_i}\; e^{i\vec{q}_j(\vec{\rho}_j - \vec{\rho}_i)} f_i(\vec{q} - \vec{q}_i)\, f_j\big(\vec{q}_j\big) d\vec{q}_j. \tag{11}$$

(5) түріндегі элементарлық амплитуда параметрлері үшін және $d\vec{q}_j$ бойынша аналитикалық интеграл. Оның мәнін көрсетпеуіміз өте ұзақ болғандықтан. Үш ретті шашырау үшін салыстырмалы түрде алатынымыз:

$$F_{ijv}(\vec{q}) = -\frac{k}{4\pi^2 k_i k_j k_v} \int\int e^{i\vec{q}\vec{\rho}_v}\; e^{i\vec{q}_i(\vec{\rho}_i - \vec{\rho}_v)}\, e^{i\vec{q}_j(\vec{\rho}_j - \vec{\rho}_v)}\, f_v\big(\vec{q} - \vec{q}_i - \vec{q}_j\big)\; f_i(\vec{q}_i) f_j\big(\vec{q}_j\big) d\vec{q}_i\, d\vec{q}_j \tag{12}$$

бұл (5) амплитудалық интеграл аналитикалық түрде алынады, алайда оны өте үлкен дәлдікпен жуықтап есептеуге болады, аргументтің тиімді мәні кезіндегі амплтудаларды $f(q)$ интеграл таңбасынан шығара отырып анықтаймыз q/3 – ке тең. Осы жуықтауда алатынымыз:

$$F_{ijv}(\vec{q}) = -\frac{4\pi^2 k}{k_i k_j k_v}\; f_i\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right)\; f_j\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right)\; f_v\left(\frac{1}{3}\vec{q}\right)\; e^{i\vec{q}\vec{\rho}_v} \delta(\rho_v - \rho_i)\; \delta\big(\rho_v - \rho_j\big). \tag{13}$$

Әр түрлі реттік шашыраулар үшін амплитудалармен анықталған (10) – (13) матрицалық элементтер (7) оңай есептеледі және келесі құрылымдарға ие

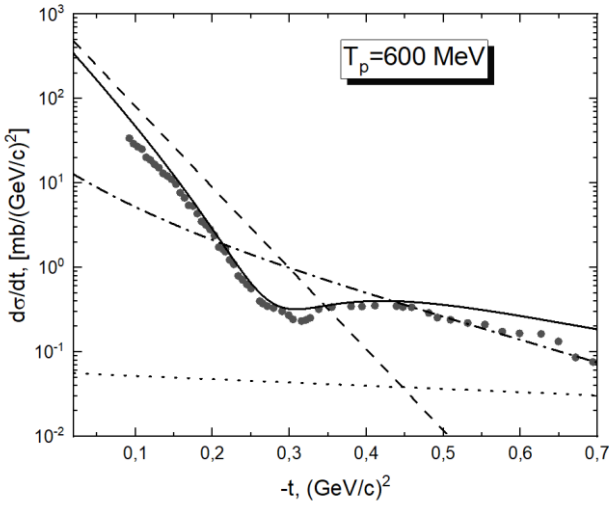
$$\begin{aligned} M_{fi}^{(j)}(q) &= C_j e^{-\lambda_j q^2} \\ M_{fi}^{(ij)}(q) &= C_{ij} e^{-\lambda_{ij} q^2} \\ M_{fi}^{(ijv)}(q) &= C_{ijv} e^{-\lambda_{ijv} q^2} \end{aligned} \tag{14}$$

мұнда, C_j, C_{ij}, C_{ijv}, λ_j, λ_{ij}, λ_{ijv} коэффициенттері элементар NN-амплитуданың параметрлері (5) және толқындық функция (6) арқылы анықталады. Бұл коэффициенттер қомақты болғандықтан, бұл жерде көрсетпейміз. Анықталған матрицалық элементтермен дифференциалдық қиманың бұрыштық тәуелділігі (1)-формуламен анықталады. Дифференциалдық қима берілген импульстің квадратына байланысты келесі түрде анықталады:

$$\frac{d\sigma}{d\mathrm{t}} = \frac{\pi}{k^2}\left|M_{if}(q)\right|^2. \tag{15}$$

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бұл жұмыста ^{3}He ядросындағы протондардың дифференциал қимасындағы серпімді шашырауының 600 және 715 МэВ энергиялардағы ұшып келетін протонның

берілген импульс квадратына тәуелділігі есептелді. Осы есептеулерге сәйкес келетін эксперименттік мәліметтер [9,13] жұмыстарынан алынды. 1 және 2 суреттерде біздің есептеулер мен оларды эксперименттік мәліметтермен салыстырулар көрсетілген, Эксперимент нүктелері [9] жұмыстан алынған. Біздің есептеулерімізде бір (үзік сызық), қос (нүктелік) және үштік (кіші нүктелер) шашыраудан көлденең қиманың үлестерін және барлық еселіктердің (тұтас сызық) жалпы үлесін анықтадық. Суреттерден көрініп тұрғандай, θ < 30° шашырау бұрыштарына сәйкес келетін -t < 0,2 (GeV/c)2-ге дейінгі шағын берілген моменттерде бір реттік шашырау басым болады.



Үзік сызық бір шашырау, нүктелі сызық қосарланған шашырау, кіші нүктелер үш есе шашырау, тұтас сызық жалпы көлденең қима.

Сурет 2. 600 МэВ протон энергиясындағы 3He ядросында протондардың серпімді шашырауына арналған дифференциалдық қима.

Бір және қосарланған шашыраудың үлестері t = 0,3 (GeV/c)2 аймағында салыстырмалы болады. Берілген импульстің одан әрі өсуімен қосарланған шашырау жалғыз шашыраудан басым болады. Бұл аймақта үш еселенген шашыраудың үлесі бір жарым есе аз және t = 0,6-0,7 (GeV/c)2 кезінде ғана байқалады. Теориялық есептеулер көлденең қиманың абсолютті мәнін және берілген импульстердің барлық диапазонындағы дифракциялық минимумдардың орнын жақсы шығарады. Берілген импульстің квадраты 0,6-0,7(GeV/c)2 болғанда эксперименттік мәліметтерді шамалы асыра бағалау бар.

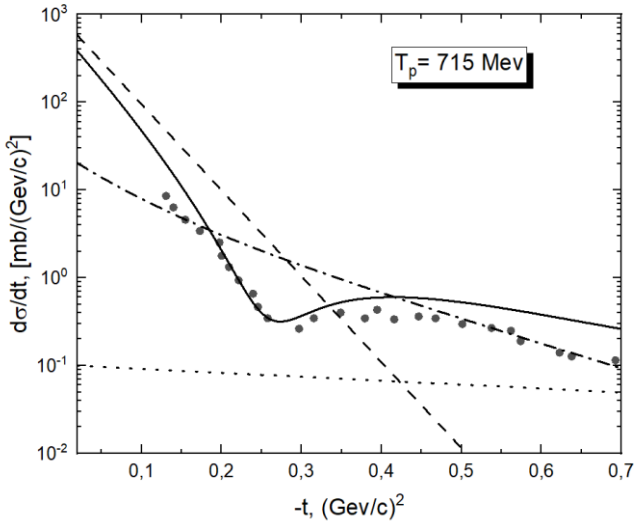
Бұл (12) өрнектегі интеграл таңбасының астынан NN әрекеттесуінің элементар амплитудасының ығысуымен байланысты болуы мүмкін. Бұл артық бағалау 7Be-де протонның шашырауын талдауда маңызды рөл атқармайды, өйткені көлденең қиманың мәні шағын шашырау бұрыштарындағы көлденең қимамен салыстырғанда өте аз. Біздің есептеулеріміз қарапайым NN амплитудаларының параметрлерінің келесі мәндерімен жүргізілді (1-кесте).

Кесте 1

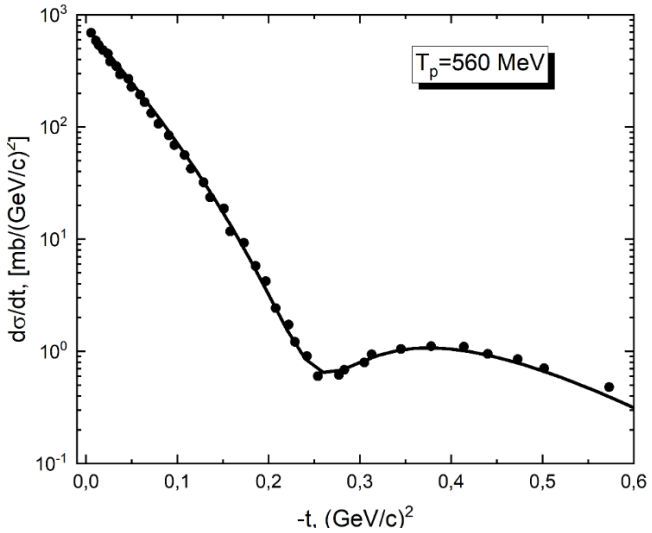
Элементар NN амплитудасының параметрлері

T_p, МэВ	σ_{pp}, фм^2	γ_{pp}	δ_{pp}, фм^2	σ_{pn}, фм^2	γ_{pn}	δ_{pn}, фм^2
600	3,7	-0,48	2,5	3,6	-0,36	2,95
715	4,43	-0,30	3,082	3,77	-0,38	3,082

3-суретте 715 МэВ протон энергиясындағы ^{3}He ядросында протондардың серпімді шашырауына арналған дифференциалдық қима көрсетілген, Эксперимент нүктелері [13] жұмыстан алынды. 4-суретте 560 МэВ протон энергиясы кезінде ^{4}He ядросында протондардың серпімді шашырауына арналған дифференциалдық қима келтірілген.



Сурет 3. 715 МэВ протон энергиясындағы ^{3}He ядросында протондардың серпімді шашырауына арналған дифференциалдық қима



Сурет 4. 560 МэВ протон энергиясы кезінде ^{4}He ядросында протондардың серпімді шашырауына арналған дифференциалдық қима.

Қорытынды. Бұл жұмыста дифракциялық теория негізінде Глаубердің еселік шашырауына сүйене отырып, ^{3}He ядросындағы аралық энергиялы протондардың серпімді шашырауы зерттелген. ^{3}He ядросының негізгі күйі ядроның орташа квадраттық радиусын жақсы көбейтетін Гаусс типті толқындық функциямен сипатталады. Есептелген қима екі энергия бойынша эксперименттік мәліметтермен салыстырғанда: 600 және 715 МэВ кезінде

және оларды жақсы шығарады. Әр түрлі көбейтінділердің шашырауының көлденең қимаға қосқан үлесі берілген моменттің квадратына байланысты. Көрсетілген энергияларда сыналған есептеу схемасы жалпылама болып табылады және басқа аралық энергияларда деректерді талдау үшін пайдалануы мүмкін. Эксперименттік мәліметтердің ең жақсы сипаттамасынан табылған элементар нуклон-нуклон амплитудаларының параметрлері басқа авторлардың деректерімен сәйкес келеді. Осы жұмыстың нәтижесі маңызды, өйткені оларды күрделірек процестерді талдауда, атап айтқанда ^{7}Be ядросында протонның шашырауын талдауда қолдануға болады, мұнда ^{3}He ішкі жүйе ретінде ^{7}Be құрылымына кіреді.

Әдебиеттер тізімі

1. Neumaier S.R., Alkhazov G.D., Andronenko M.N., Dobrovolsky A.V., Egelhof P., Gavrilov G.E., Yatsoura V.I. Small-angle proton elastic scattering from the neutron-rich isotopes 6He and 8He, and from 4He, at 0.7 GeV in inverse kinematics // Nuclear Physics A, 2002. Vol. 712. No. 3-4. P. 247-268.
2. Dobrovolsky A.V., Alkhazov G.D., Andronenko M.N., Bauchet A., Egelhof P., Fritz S., Yatsoura V.I. Study of the nuclear matter distribution in neutron-rich Li isotopes // Nuclear Physics A, 2006. Vol. 766. P. 1-24.
3. Ilieva S., Aksouh F., Alkhazov G.D., Chulkov L., Dobrovolsky A.V., Egelhof P., Zhdanov A.A.Nuclear-matter density distribution in the neutron-rich nuclei 12, 14Be from proton elastic scattering in inverse kinematics // Nuclear Physics A, 2012. Vol. 875. P. 8-28.
4. Dobrovolsky A.V., Korolev G.A., Inglessi A.G., Alkhazov G.D., Colò G., Dillmann I., Yatsoura V.I. Nuclear-matter distribution in the proton-rich nuclei 7Be and 8B from intermediate energy proton elastic scattering in inverse kinematics // Nuclear Physics A, 2019. Vol. 989. P. 40-58.
5. Glauber, R.J. High Energy Collision Theory. Lectures in Theoretical Physics i Ed. by WE Brittin, LG Dunham. – New York: Intersci. Publ., 1959.
6. Hatakeyama S., Horiuchi W. Complete Glauber calculations for proton–nucleus inelastic cross sections // Nuclear Physics A, 2019. Vol. 985. P. 20-37.
7. Symagulov A., Kuchin YA., Marina Ye., Zhumabayev A., Abdurazakov A. Metody interpretatsii chernykh yashchikov mashinnogo obucheniya i ikh primeneniye dlya sozdaniya sistem podderzhki prinyatiya resheniy [Methods of interpreting black boxes of machine learning and their application for creation of decision support systems] //Izvestiya NAN RK. Seriya fiziko-matematicheskaya [Newsof the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physics and mathematics series], 2021. No. 5. P. 91-99, [in Russian].
8. Dubovichenko, S.B Thermonuclear processes of the Universe. – Almaty: Fessenkov V.G. Astrophysical Institute “NCSRT” NSA RK, 2011. – 402 p., [in Russian].
9. Fain J., Gardes J., Lefort A., Meritet L., Pauty J.F., Peynet G., Ille B. Experimental results on elastic scattering of protons on the light nuclei 2H, 3H, 3He and 4He at 600 MeV // Nuclear Physics A, 1976. Vol. 262. No. 3. P. 413-432.
10. Frascaria R., Legrand D., Comparat V., Morlet M., Marty N., Willis A. Intermediate energy proton elastic scattering on 3He and 3H and its connection with the NN spin-isospin dependent amplitudes // Nuclear Physics A, 1976. Vol. 264. No. 3. P. 445-454.
11. Alkhazov G.D., Belostotsky S.L., Damaskinsky E.A., Dotsenko Y.V., Domchenkov O.A., Kuropatkin N.P., Volkov S.S.p-3He elastic scattering at 1 GeV // Physics Letters B, 1979. Vol. 85. No. 1. P. 43-46.
12. Landau R.H., Paez M.J. Antisymmetry and spin effects in p 3He scattering // Physics Letters B, 1984. Vol. 142. No. 4. P. 235-240.
13. Hasell D.K. Bracco A., Gubler H.P., Lee W.P., van Oers W.T.H., Abegg R., Margaziotis D.J. Elastic scattering of polarized protons from He 3 at intermediate energies // Physical Review C, 1986. Vol. 34. No. 1. P. 236.

14. Hassan M.A., Hassan S.S.A. Effects of short-range correlations and three-body force on proton-3He scattering at high energy // Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 1991. Vol. 17. No. 8. P. 1177.
15. Häusser O., Larson B., Alford W.P., Chan C., Delheij P.P.J., Henderson R.S., Vetterli M.C. Elastic scattering of polarized protons from polarized 3He // Physics Letters B, 1995. Vol. 343. No. 1-4. P. 36-40.
16. Hassan M.A., Salama T.N.E., Awd-Allah H.E.A. Proton-three-nucleon nuclei elastic scattering: three-body force effect // Indian Journal of Physics, 2015. Vol. 89. P. 1287-1295.
17. Hassan M.A., Salama T.N.E. p-3 He elastic scattering at 0.6–1 GeV: some short-range effects // Indian Journal of Physics, 2015. Vol. 89. P. 829-834.
18. Hassan M.A., Salama T.N.E., Hassan Z.S., Ismael A.M. Time-ordering effect in proton–nucleus elastic scattering // Indian Journal of Physics, 2019. Vol. 93. P. 1069-1080.

Бұл жұмыс «Глаубер теориясы шеңберінде адрондардың жеңіл экзотикалық ядролармен әрекеттесуін зерттеу» тақырыбындағы Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым министрлігінің AP08855589 грантымен қолдау тапты.

Материал редакцияға 18.06.24 түсті.

О. Иманбек[1], Г. Абдраманова[1]

[1]Казахский Национальный университет имени аль Фараби, г. Алматы, Казахстан

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ АДРОНОВ НА ИЗОТОПАХ He ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ

Аннотация. В работе на основе дифракционной теории многократного рассеяния Глаубера исследовано упругое рассеяние адронов на изотопах ^{3}He и ^{4}He при промежуточных энергиях. Внутреннее состояние изотопа ^{3}He описано простейшей осцилляторной функцией. Данная функция хорошо воспроизводит статические характеристики данного ядра. 4He рассматривается как бесструктурная частица. Разработанная в работе схема расчета позволяет выделить вклады в сечение от однократного, двукратного и трехкратного рассеяния. Каждый из них является доминирующим при определенных переданных импульсах. Результаты расчетов для ^{3}He сравниваются с данными эксперимента при двух энергиях налетающего протона: 600 и 715 МэВ и хорошо воспроизводит их. Для рассеяния на ^{4}He приведены результаты при энергии 560 МэВ. Во всех графиках удовлетворительно описывается как абсолютная величина сечении, так и положение дифракционного минимума. Разработанная схема расчета и найденные параметры элементарной нуклон-нуклонной амплитуды являются важными, так как они могут быть использованы при анализе более сложных процессов.

Ключевые слова: дифракционная теория Глаубера, кластерная структура легких ядер, адрон-нуклонная элементарная амплитуда, дифференциальное сечение, структура ядра ^{3}He и ^{4}He, оператор рассеяния.

O. Imanbek[1], G. Abdramanova[1]

[1]Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

ELASTIC SCATTERING OF HADRONS BY ISOTOPES He AT INTERMEDIATE ENERGIES

Abstract. Based on Glauber's diffraction theory of multiple scattering, the elastic scattering of hadrons by 3He and 4He isotopes at intermediate energies is studied. The internal state of the ^{3}He isotope is described by the simplest oscillator function. This function reproduces well the static characteristics of this kernel. ^{4}He considered as a structureless particle. The calculation scheme developed in this work makes it possible to separate the contributions to the cross section from single, double, and triple scattering. Each of them is dominant at certain transmitted impulses. The calculation results for ^{3}He are compared with the experimental data at two energies of the incident proton: 600 and 715 MeV and reproduce them well. For scattering by ^{4}He, the results are given at an energy of 560 MeV. All graphs satisfactorily describe both the absolute value of the cross section and the position of the diffraction minimum. The developed calculation scheme and the found parameters of the elementary nucleon-nucleon amplitude are important, since they can be used in the analysis of more complex processes.

Keywords: Glauber diffraction theory, cluster structure of light nuclei, hadron-nucleon elementary amplitude, differential cross section, ^{3}He and ^{4}He nucleus structure, scattering operator.

МРНТИ 30.17.51

И.М. Ткаченко ©

Д-р физ.-мат. наук, профессор
https://orcid.org/0000-0001-8767-0581
Политехнический университет Валенсии,
г.Валенсия, Испания
tkch@gmail.com

https://doi.org/10.55956/OUFB2674

ПРЯМОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЛАССИЧЕСКОЙ ОДНОКОМПОНЕНТНОЙ ПЛАЗМЫ КУЛОНА И ЮКАВЫ

Аннотация. Динамические характеристики сильносвязанных классических однокомпонентных плазм Кулона и Юкавы получены в рамках непертурбативного подхода на основе свободного момента модели без ввода данных моделирования, так что динамический структурный коэффициент (ДСК-DSF) автоматически удовлетворяет первым трём правилам неисчезающей суммы. ДСК-DSF, дисперсия, затухание, скорость звука, и другие характеристики коллективных колебаний определяются только с использованием статического структурного коэффициента, рассчитанного в рамках модифицированных или классических приближений гиперсетчатой цепи. Достигнуто хорошее количественное согласие со всеми доступными данными молекулярно-динамического моделирования.

Ключевые слова: плазма, динамические системы, метод моментов, потенциал Кулона, термодинамические параметры, динамическая характеристика.

Ткаченко, И.М. Прямое определение динамических свойств классической однокомпонентной плазмы кулона и юкавы [Текст] / И.М. Ткаченко // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.468-478. https://doi.org/10.55956/OUFB2674

Введение. Сильно связанная плазма (ССП-SCP) возникает в природе в различных условиях (например, в плотной астрофизической материи "белых карликов" и нейтронных звёзд [1]), а также в лабораторных условиях (в ультрахолодной плазме [2], электролитах и заряженных стабилизированных коллоидах [3], лазерно-охлаждённых ионах в криогенных ловушках [4], и пылевой плазме [5]). Рабочими телами инерциальных термоядерных установок должны стать ССП-SCP и тёплая плотная материя [6]. Общим свойством ССП-SCP является преобладание межчастичной потенциальной энергии над тепловой энергией. Многие из вышеупомянутых систем были проанализированы и их характерные эффекты стали понятны в рамках основополагающей модельной системы, модели *Однокомпонентной Плазмы* (*ОКП-OCP*), которая подробно рассматривает только один тип заряженных частиц, в то время как наличие и влияние других заряженных частиц выражаются потенциалом взаимодействия $\varphi(r)$.

ССП-SCPs, как многотельные динамические системы демонстрируют различные коллективные возбуждения, свойства которых исследовались как с помощью теоретических подходов, так и численного моделирования. Численные методы обеспечивают прямой доступ к основной величине коллективных эффектов, динамическому структурному коэффициенту (ДСК-DSF). Наиболее успешный теоретический подход, способный описать сильносвязанную плазму, приближение квазилокализованного Заряда (ПКЛЗ-QLCA) [7] способно предсказать (по статической функции парного распределения, ФПР-PDF) дисперсионные соотношения коллективных колебаний, но оно не может предсказать время жизни (затухание) колебаний и формы самого ДСК-DSF. Здесь мы покажем, что теоретический подход метод моментов [8] способен предсказать форму и строение ДСК-DSF однокомпонентной плазмы (ОКП-OCP), основываясь только на статических данных, т.е. ФПР-PDF или статическом структурном коэффициенте ССК-SSF. Поскольку и ФПР-PDF, и ССК-SSF также могут быть получены теоретически (например, в рамках приближения гиперсетчатой цепи и его модификаций, в том числе мостовой функции) настоящий подход обеспечивает чисто теоретический доступ в полному ДСК-DSF и полное количественное описание коллективных колебаний, включая их затухание и другие характеристики, без необходимости использования данных моделирования в качестве ввода, как это было сделано в [9] и [10].

Моментный подход является непертурбативным и не параметрическим, т.е. не требует модели, и таким образом идеально подходит к широкому классу текучих сред, характеризующихся функциями реагирования как полудегенеративные многокомпонентные системы Кулона или даже простые жидкости. Благодаря строгой математической базе метод основан на автоматическом выполнении правил суммы и других точных соотношений. Эмпирическое руководство включается непосредственно в промежуточный этап теоретических расчётов, тем самым завершая подход и позволяя, кроме того, определять динамические характеристики через статические. Однокомпонентная плазма (ОКП-OCP) выбрана в данном письме для демонстрации численной обоснованности подхода. Результаты для других текучих сред должны быть представлены в другом месте.

Результаты исследований и обсуждение. В ОКП-OCP представляют интерес два основных типа потенциалов. Потенциал Кулона описывает системы, в которых фон из противоположно заряженных частиц не поляризуется (например, дегенеративная электронная жидкость внедряющая положительные ионы) – системы с этим свойством в дальнейшем будут называться Кулоновскими ОКП-OCP (КОКП-COCP), а Юкава ОКП-OCP (ЮОКП-YOCP) характеризуются экранированным Кулон-Дебая-Хюккель, или потенциалом Юкавы между "первичными" видами (частицами), где экранирование установлено "вторичными" видами (частицами). С точки зрения статистики, ОКП-OCP, которые мы здесь рассматриваем – это классические системы, без учёта квантовых эффектов. Отсюда, все свойства КОКП-COCPs характеризуются потенциалом взаимодействия $\varphi(r)=(Ze)^2/r$ зависят от уникального безразмерного связующего параметра $\Gamma=\beta(Ze)^2/a$. Здесь β^{-1} – это температура в единицах энергии, Ze обозначает заряд частицы, а $a=(3/4\pi n)^{1/3}$ - это радиус Вигнера-Зейтца, n- это численная плотность частиц. Сильносвязанный (жидкий) домен (область) характеризуется $\Gamma>1$ Верхний предел связующего параметра для жидкой фазы определяется кристаллизацией Вигнера в кристаллы Кулона [11]. В плазме ЮОКП, кроме

связующего параметра Г, экранирование выражается параметром К, который «настраивает» диапазон потенциала взаимодействия,

$$\varphi(r) = ((Ze)^2/r)exp(-kr/a). \quad (1)$$

Потенциал Кулона восстанавливается при $k \to 0$.

Для удобства мы здесь вводим безразмерное волновое число $q = ka$ и пишем преобразование Фурье (1) в виде форм-фактора:

$$\varphi\alpha(q) = 4\pi(Zea/q)^2\zeta_\alpha(q;k), \quad \alpha = C, Y$$

В плазме Юкава (ЮОКП), $\zeta_y(q;k) = q^2/(q^2+k^2)$ тогда как в плазме Кулона (КОКП), $\zeta_\alpha(q;k=0) = 1$

Главная динамическая характеристика систем, которые мы здесь рассматриваем, это ДСК-DSF, $S(q,\omega;k)$, который является положительной равномерной функцией частоты. Безразмерные моменты энергетической частоты чётного порядка ДСК-DSF,

$$S_v(q;k) = \frac{1}{n}\int_{-\infty}^{\infty}\omega^v S(q,\omega;k)d\omega\,, \quad v = 0,2,4$$

являются известными правилами суммы [12,13]:

$$\begin{aligned}
&S_0(q;k) = S(q;k),\ S_2(q) = \frac{\omega_p^2 q^2}{3\Gamma},\\
&S_4(q;k) = \omega_p^2 S_2(q)\left(\zeta\alpha(q;k) + \frac{q^2}{\Gamma} + U(q;k)\right),\\
&U(q;k) = \frac{1}{12\pi}\int_0^{\infty}[S(q;k)-1]f(p,q;k)p^2dp,\\
&f(p,q;k) = \frac{2(3q^2-k^2-p^2)}{q^2} +\\
&+\frac{(q^2-k^2-p^2)^2}{2q^3p}ln\left(\frac{k^2+(q+p)^2}{k^2+(q-p)^2}\right) - \frac{8p^2}{3(k^2+p^2)}.
\end{aligned} \quad (2)$$

Моменты нечётного порядка исчезают из-за симметрии ДСК-DSF. В отличие от ситуации с многокомпонентной плазмой [14], правила суммы для ОКП более высокого порядка сходятся, но они относятся к малоизученным непарным корреляциям, которыми мы здесь пренебрегаем [15]. Обратите внимание, что

$$f(p,q\to 0;k) \approx \frac{8}{15}\frac{q^2(2p^4+5p^2k^2+15k^4)}{(p^2+k^2)^3} + O(q^4)$$

так что,

$$\begin{aligned}
&U(q\to 0;k) \approx\\
&\frac{4q^2}{45\pi}\int_0^{\infty}\frac{\left(1+\frac{5k^2}{2p^2}+\frac{5k^2}{2p^2}\right)}{\left(1+\frac{k^2}{p^2}\right)^3}(S(p;k)-1)dp = \frac{4q^2}{45\Gamma}u(\Gamma;k),
\end{aligned} \quad (3)$$

где: $u(\Gamma;k)$ – корреляционная энергия на частицу, нормированная на температуру [16]; $\omega_p^2 = 3e^2/ma^3$ – частота плазмы и $S(q;k)$ – статический структурный коэффициент.

Формула классической теории моментов [8] Неванлинны устанавливает одностороннее соответствие между ДСК-DSF (как неканоническим решением проблемы моментов) и нефеноменологической функцией параметра Неванлинны (ФПН-NPF) $Q(q,\omega = Rez + i0^+;k)$, которое дополнительно выполняет следующее условие [10]:

$lim_{z\to\infty}(Q(q,z;k)/z) = 0, Imz > 0$:

$$\frac{\pi S(q,\omega;k)}{nS(q;k)} = \frac{\omega_1^2(\omega_2^2-\omega_1^2)ImQ}{\left|\omega(\omega^2-\omega_2^2)+Q(\omega^2-\omega_1^2)\right|^2}, \quad (4)$$

где характерные частоты определяются соотношениями моментов:

$$\omega_1^2(q;k) = \frac{S_2(q)}{S(q;k)}, \omega_2^2(q;k) = \frac{S_4(q;k)}{S_2(q)}. \quad (5)$$

Рассмотрим каноническое решение проблемы моментов, соответствующее множеству

$$\{S_0(q;k), 0,\ S_2(q), 0,\ S_4(q;k)\} \quad (6)$$

$$\frac{S(q,\omega;k)}{nS(q;k)} = = \left(1-\frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}\right)\delta(\omega) + \frac{\omega_1^2}{2\omega_2^2}[\delta(\omega-\omega_2)+\delta(\omega+\omega_2)]. \quad (7)$$

Обратите внимание, что из-за неравенства Коши-Шварца [13], $\omega^2(q;\kappa)<\omega^2(q;\kappa)$.

Решение типа Фейнмана [17] (7) описывает незатухающие коллективные колебания в системе: диффузионное при ω=0, а также оптическое (плазма или Ленгмюр-Бом-Гросс) колебание при

$$\omega_L = \omega_2(q;k=0). \quad (8)$$

В плазме Кулона (КОКП) и в квазиакустических колебаниях плазмы Юкавы (ЮОКП) со скоростью звука

$$c_S(k) = \omega_p\sqrt{\frac{1}{k^2}+\frac{4u(\Gamma,k)+45}{45\Gamma}}; \quad (9)$$

Это показывает минимум ротона при более высоких значениях q, относящихся к квазилокализации частиц в сильно коррелированной жидкости [18]. Благодаря уравнению сжимаемости и равенству Парсеваля, корреляционная энергия $u(\Gamma,\text{к})$ напрямую связана со сжимаемостью системы.

В настоящей работе мы не воссоздаём функцию параметра Неванлинна (ФПН-NPF) из тех самых данных, которые мы хотим описать, как в [19], но моделируем её по её статическому значению [9, 10]:

$$Q(q,\omega;k) = Q(q,0;k) = ih(q;k), \quad h(q;k) > 0 \quad (10)$$

Последняя положительная функция параметра была связана в [10] со статическим значением ДСК-DSF прямо через (4). Здесь мы предлагаем определить её независимо, на основе эмпирического наблюдения, что ДСК-DSFs демонстрируют экстремумы при ω=0. Благодаря своей симметрии ДСК-DSF

$$\frac{\pi S(q,\omega;k)}{nS(q;k)}\Big|_{Q=ih} = \frac{\omega_1^2(\omega_2^2-\omega_1^2)h}{\omega^2(\omega^2-\omega_1^2)^2+h^2(\omega^2-\omega_1^2)^2} \tag{11}$$

зависит только от квадрата частоты. Правая часть уравнения (11) как функция новой переменной $x = \omega^2$ пропорциональна

$$F(x;h) = (x(x-\omega_2^2)^2 + h^2(x-\omega_1^2)^2)^{-1}$$

которое демонстрирует экстремумы при $x = 0$, если $F'(0;h) = \frac{(2h^2\omega_1^2)}{h^4\omega_1^8} = 0$, т.е. если

$$h(q;k) = h_0(q;k) = \frac{\omega_2^2(q;k)}{\sqrt{2}\omega_1(q;k)}, \tag{12}$$

в то время как знак второй производной при $x = 0$ для $h = h_0$

$$F''(0;h_0) = \frac{4(4\omega_1^2-\omega_2^2)}{(\omega_1\omega_2)^6}$$

т. е. знак параметра

$$\theta = \frac{2\omega_1-\omega_2}{\omega_p}\epsilon\left(-\frac{\omega_2}{\omega_p},\frac{\omega_2}{\omega_p}\right) \tag{13}$$

определяет природу экстремума при $\omega = 0$ положительное $\theta(q;k)$ соответствует минимуму, и наоборот. Обратите внимание, что значение ДСК-DSF при $\omega = 0$,

$$\frac{\pi S(q,0;k)}{nS(q;k)}\Big|_{Q=ih} == \frac{\omega_2^2(q;k)-\omega_1^2(q;k)}{h(q;k)\omega_1^2(q;k)},$$

положительное и заметьте, что $S(q,0,k)$ для $h = h_0$ это убывающая функция параметра $\theta(q,k)$.

Важно то, что здесь мы не полагаемся на регулируемые параметры, типа $S(q,0,k)$, и что полученное выражение

$$\frac{\pi S(q,\omega,k)}{nS(q,k)} = \frac{\omega_1^2(\omega_2^2-\omega_1^2)h_0}{\omega^2(\omega^2-\omega_2^2)^2+h_0^2(\omega^2-\omega_1^2)^2} = \frac{\sqrt{2}\omega_1\omega_2^2(\omega_2^2-\omega_1^2)}{2\omega^6+\omega^4(\omega_2^2/\omega_1^2)(\omega_2^2-4\omega_1^2)+\omega_1^2\omega_2^4}, \tag{14}$$

не содержит параметров, которые мы не могли рассчитать теоретически. Иными словами, учитывая термодинамические параметры системы или значения связующего и экранирующего параметров Г и К мы способны

предсказать форму ДСК-DSF путём расчёта только его статических характеристик. Кроме того, положение смещённого максимума в спектре, которое является частотой колебаний Ленгмюр-Бом-Гросса КОКП или частотой акустико-ротонных колебаний, можно рассчитать прямо как точное решение дисперсионного уравнения

$$z\left(z^2-\omega_2^2(q;k)\right)+ih_0(q;k)\left(z^2-\omega_1^2(q;k)\right)=0 \quad (15)$$

С этой целью можно использовать решения уравнения, найденные в [10], в частности, в том, которое соответствует "смещённому" колебанию:

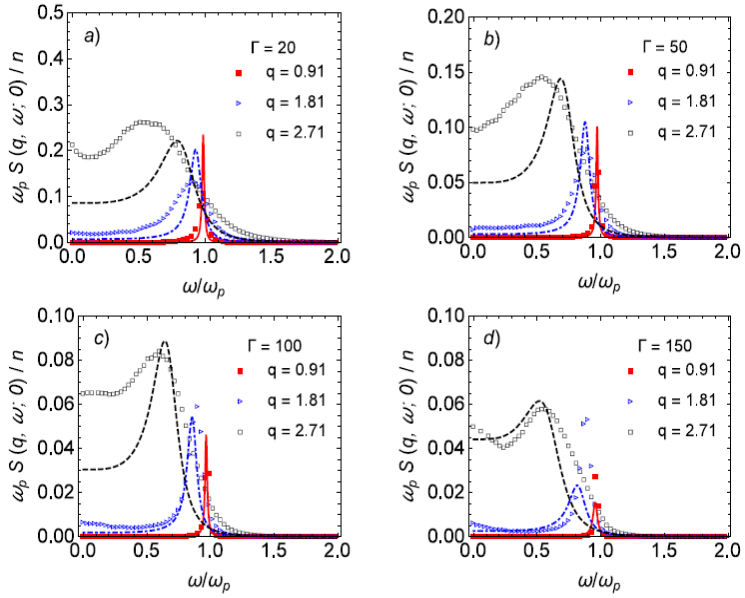
$$\omega_{sh}(q,k) := \\ =\omega(q,k)-i\delta(q,k)=-\omega X-\omega^2 Y-ih_0/3 \quad (16)$$

где, $\omega=exp(2\pi i/3)$

$$X=\sqrt[3]{\frac{h_0W}{2i}+Z^3}, Y=\sqrt[3]{\frac{h_0W}{2i}+Z^3}, Z^3=\sqrt{-\left(\frac{\omega_2^2}{3}-\frac{h_0^2}{9}\right)^3-\left(\frac{h_0W}{2}\right)^2}, \\ W=-\frac{\omega_2^2}{3}+\omega_1^2+\frac{2h_0^2}{27}. \quad (17)$$

Ниже мы представляем результаты, полученные посредством теоретического подхода, описанного выше, и сравниваем их с результатами численного моделирования. Наш молекулярно-динамический код имитирует движение N = 10 000 точечных частиц внутри кубической ячейки. Для случая плазмы Кулона (КОКП) мы используем метод PPPM для учёта большого диапазона Кулоновского потенциала [21], в то время как для плазмы Юкавы (ЮОКП) быстрое затухание сил взаимодействия делает возможным ввод расстояния отсечки, за которым взаимодействием пар частиц можно пренебречь. Интегрирование уравнений движения выполняется по схеме Верле. При инициализации моделирования положения частиц задаются случайным образом, тогда как векторы их начальной скорости выбираются из распределения Максвелла, соответствующего заданной температуре системы. На первом этапа моделирования скорости частиц масштабируются на каждом временном шаге, для достижения желаемой температуры. Эта процедура приостанавливается до второго, измерительного, этапа моделирования, когда собираются данные для пространственных компонентов Фурье микроскопической плотности, и дополнительного преобразования Фурье в то время, как домен (область) даёт ДСК-DSF. На Рисунках 1 и 2 мы показываем результаты ДСК-DSF соответственно для плазмы Кулона (КОКП) и плазмы Юкавы (ЮОКП), сравненные с данными моделирования. Эти и другие результаты, показанные здесь, были получены используя ССК-SSF, рассчитанный в рамках модифицированного приближения гиперсетчатой цепи (МГСЦ-MHNC). Наблюдается довольно хорошее согласие не только по цифрам выше, но по всем рассмотренным нами случаям, см. Дополнительные Материалы. Мы считаем, что нынешний подход можно использовать для всей области жидкостей ОКП. Обратите внимание, что даже прямая корректировка данных MD (магнитооптического носителя) с четырьмя свободными параметрами в рамках общего гидродинамического подхода не всегда могла

гарантировать такой уровень общего согласия [22]. Параметр $\theta(q;k)$ передаёт важную информацию о затухании коллективного колебания: положительные значения указывают на распространение (слабое затухание) колебаний, а при отрицательных значениях преобладают процессы рассеивания энергии (Рис. 3).



(a,b,c): MM с ССК-SSF МГСЦ-MHNC , (d): MM с ССК-SSF ГСЦ-HNC.

Рис. 1. ДСК-DSF КОКП, рассчитанный по (14) (линии) и полученный из моделирования MD (цифры).

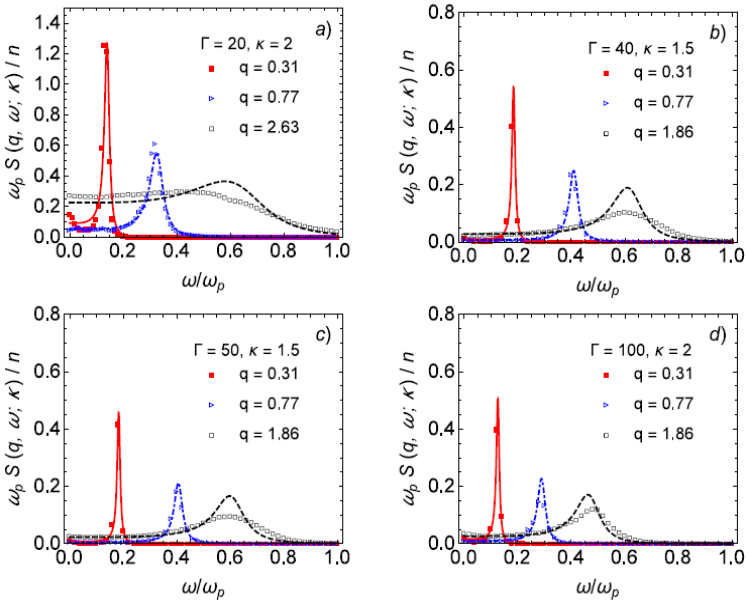
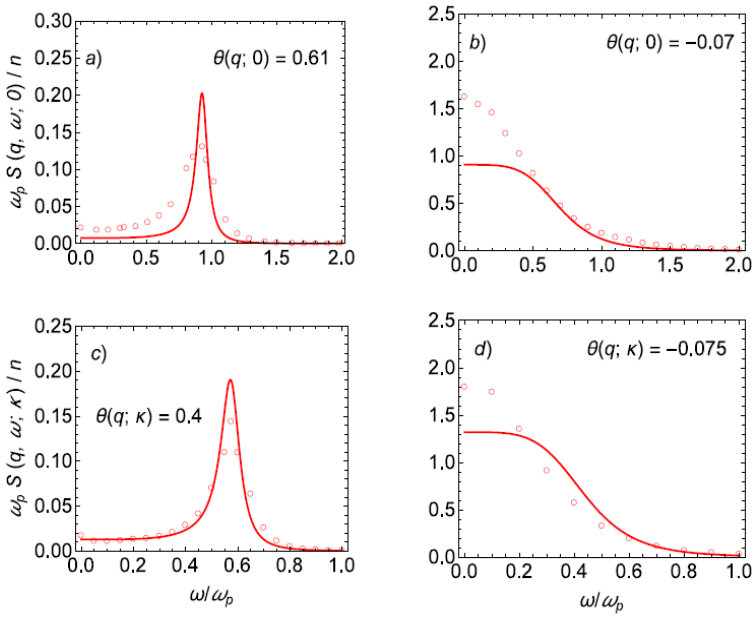


Рис. 2. ДСК-DSF ЮОКП, рассчитанный по (14) (линии) и полученный из моделирования MD (цифры).



(a) q = 1.8, (b) q = 4.7, (c)q = 1.39, (d) q = 4.02.

Рис. 3. ДСК-DSF КОКП при Г = 20 (a,b) и ДСК-DSF ЮОКП при Г = 40, κ = 1.5 (c,d) рассчитанные из (14) (линии) и полученные из моделирования MD (круги);

Когда коллективные колебания слабо затухают, мы можем предсказать характеристики колебания: дисперсия колебаний Ленгмюр-Бом-Гросс в плазме Кулона (КОКП-COCPs) и квазиакустические колебания в плазме Юкавы (ЮОКП-YOCPs); в последних мы также можем с довольно высокой точностью рассчитать скорость звука. Частоты коллективных колебаний, данные в (7), были подсчитаны при соответствующей характерной частоте ω_2 (q; κ), скорость звука была подсчитана согласно (9). Эти данные были сравнены с соответствующими характеристиками, рассчитанными из точного решения дисперсионного уравнения (16) и данных моделирования (Рис. 4 и Рис. 5).

Параболические минимумы ротона становятся хорошо выраженными на дисперсионных кривых коллективных колебаний плазмы Юкавы (ЮОКП-YOCPs) при более высоких значениях волнового числа и связующего параметра Г, и когда экранирующий параметр a/κ доходит до радиуса Вигнера-Зейтца a или $\kappa \to 1$ [18]. И, конечно, наблюдается отрицательная дисперсия для оптического колебания плазмы Кулона (КОКП-COCP).

Линии получены из (16), при этих условиях они показывают результаты, которые практически не отличимы от результатов в (8). (b) Дисперсионное соотношение для квази-акустических колебаний ЮОКП при Г=100 и κ=2, в сравнении с данными MD. 1 означает (16), 2 представляет ω_2 (q; κ), 3 акустическая часть колебания, $\omega = c_s q$, (c) Ослабление колебаний плазмы КОКП, (d) Ослабление акустических колебаний ЮОКП. Линии означают точные решения с ССК-SSFs МГСЦ-MHNC, точки были получены при полной ширине на половине максимума (ПШПМ-FWHM).

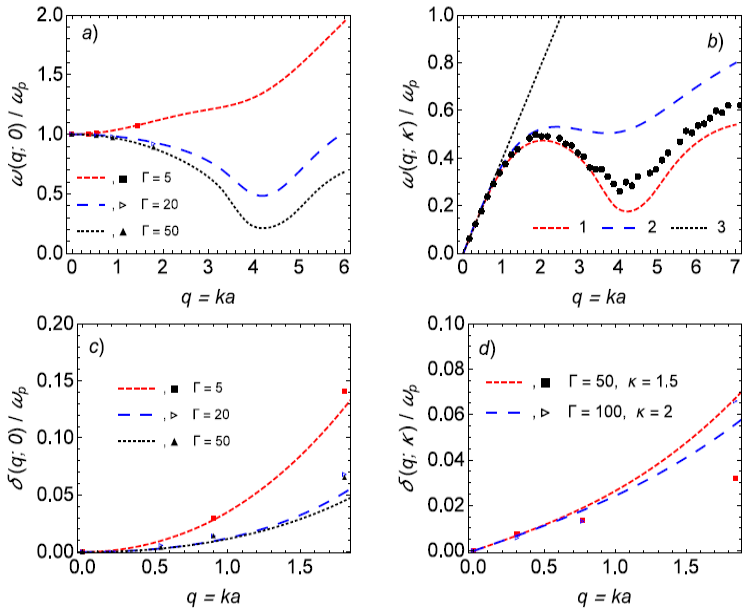


Рис. 4. (a) Дисперсионное соотношение для колебаний плазмы КОКП, в сравнении с данными MD

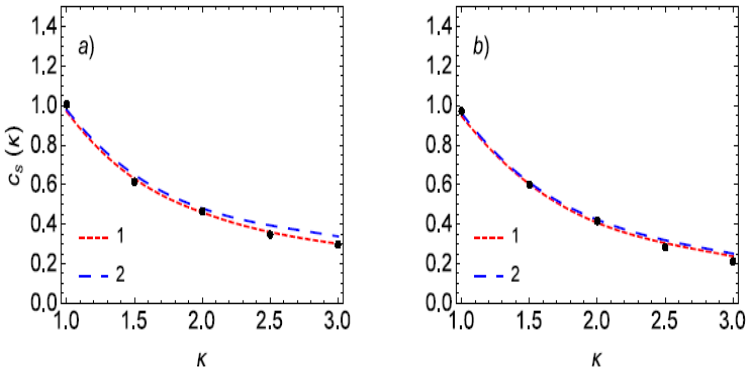


Рис. 5. Скорость звука в плазме Юкавы (ЮОКП-YOCPs) для (a) Γ = 20, (b) Γ = 100, в сравнении с результатами MD (точки). 1 был рассчитан используя ССК-SSFs МГСЦ-MHNC, 2 соответствует (9)

Для $\Gamma \gtrsim 9$, когда вклад отрицательной корреляции в четвёртое правило суммы (2), $U(q; 0)$, компенсирует кинетическую. В плазме Кулона (КОКП-COCPs) мы также наблюдаем значительное затухание колебания плазмон-ротон.

Обратите внимание, что когда $\theta(q, \kappa)$ положителен, мы способны с приемлемой точностью предсказать даже ослабление распространения колебания. Когда $\theta(q,\kappa)<0$ ”смещённое” колебание сливается с ”несмещённым” диффузионным колебанием, мы больше не можем назначать другим колебаниям мнимые части решений уравнения (18).

Заключение. Для простого расчёта различных динамических характеристик классических сильносвязанных жидких ОКП Кулона и Юкавы теоретически строгий и эффективный с точки зрения вычислений нефеноменологический алгоритм без каких-либо возмущающих или

корректирующих параметров предложен только с точки зрения структурных факторов этих систем. Последние были рассчитаны с использованием схемы автосогласования МГСЦ-MHNC. Вводится параметр, допускающий различать между распространением и сильным затуханием коллективных колебаний. Таким образом, мы способны предсказать форму и предоставить надежный численный результат для ДСК-DSFs без корректировки динамических данных. Достигнуто хорошее согласие с доступными численными данными по другим динамическим характеристикам, таким как дисперсия коллективных колебаний в плазме Кулона (КОКП-COCPs), акустически-ротонные колебания и скорость звука в плазме Юкавы (ЮОКП-YOCPs). Дополнительный графический материал, в частности полученный с PM-MD и ССК-SSFs ГСЦ-HNC, и другие детали предоставлены в Дополнительных Материалах.

В контексте обратной диэлектрической функции настоящий метод может также быть использован для решения других динамических задач, таких как отражательная или тормозная способность и рассеяние более сложных систем. Эта работа сейчас проводится. В целом, предложенный математический подход идеально подходит к любой физической системе, описанной функцией реагирования, такой как обратная диэлектрическая функция или ДСК-DSF, как это было задумано в [23-25], но всё же с привлечением данных моделирования.

Список литературы

1. Ichimaru S., Rev. Mod. Phys. The Equation of State in Astrophysics, edited by G. Chabrier and E. Schatzman // Cambridge University Press, Cambridge, 1994. Vol. 65, P. 255.
2. Kilian et al., Phys. Reports, 2007, Vol. 449. P. 77.
3. Alexander S., Chem. J., Phys. K., Kremer M.O., Robbins G.S. Phys. Rev. Lett., 1986. Vol. 57. P. 2694.
4. Gilbert S.L., Bollinger J.J., Wineland D.J. Phys. Rev. Lettv., 1988. Vol. 60, P. 2022.
5. H. Ohta and S. Hamaguchi, Phys. Rev. Lett. 84, 6026 (2000); G. Kalman, M. Rosenberg, and H.E. DeWitt, ibid., 84, 6030 (2000); P. K. Kaw and A. Sen, Phys. Plasmas 5, 3552 (1998); M. S. Murillo, Phys. Rev. Lett. 85, 2514 (2000).
6. M. S. Murillo, Phys. Plasmas 11, 2964 (2004); V. For- tov, I. Iakubov, A. Khrapak, Physics of Strongly Cou- pled Plasma, Oxford, Clarendon Press, 2006; F. Graziani, M.P. Desjarlais, R. Redmer, and S.D.B. Trickey, Fron-tiers and Challenges in Warm Dense Matter, Springer, Berlin, 2014.
7. K.I. Golden and G.J. Kalman, Phys. Plasmas 7, 14 (2000); ibid, 8, 5064 (2001).
8. M.G. Krein and A.A. Nudel'man, The Markov moment problem and extremal problems, Translations of Math- ematical Monographs American Mathematical Society, Providence, RI, 1977, Vol. 50; V.M. Adamyan, T. Mayer,
9. S.V. Adamyan, T. Meyer, I.M. Tkachenko, Contr. Plasma Phys. 29, 373 (1989).
10. Yu.V. Arkhipov et al., Phys. Rev. E 81, 026402 (2010)
11. H. M. Van Horn, Phys. Lett. A 28, 706 (1969); J.P Hansen, Phys. Lett. A 41, 213 (1972); H. Ikezi, Phys. Fluids 29, 1764 (1986); H. Thomas et al., Phys. Rev. Lett. 73, 652 (1994).
12. A.A. Kugler, J. Stat. Phys. 8, 107 (1973); K.N. Pathak, P. Vashishta, Phys. Rev. B 7, 3649 (1973).
13. Yu. V. Arkhipov et al., Contr. Plasma Phys. 55, 381 (2015); for more details see: Yu. V. Arkhipov et al., Phys. Rev. E 90, 053102 (2014), ibid, 91, 019903 (2015).
14. V. I. Perel' and G. M. Eliashberg, Zh. Eksp. Teor. Fiz.41, 886 (1961) [Sov. Phys. JETP 14, 633 (1962)].
15. P. Magyar et al., Book of abstracts of 15th Intl. Conf. Physics of Non-Ideal Plasmas, Almaty, Kazakhstan (2015).

16. S. Ichimaru, Statistical Plasma Physics (Addison-Wesley, New York, 1994), Vol. II.
17. R.P. Feynman, Phys. Rev. 94, 262 (1954).
18. G.J. Kalman et al., Contrib. Plasma Phys. 52, 219 (2012); ibid, EPL, 90, 55002 (2010); V.B. Bobrov, S.A. Trigger, D.I. Litinski, arXiv:1407.6184 [cond-mat.other].
19. J. Vorberger, Z. Donko, I.M. Tkachenko, and D.O. Gericke, Phys. Rev. Lett. 109, 225001 (2012).
20. D. Ballester, I. M. Tkachenko, Phys. Rev. Lett. 101, 075002 (2008).
21. J.W.Eastwood, R.W.Hockney and D.N.Lawrence, Com- put. Phys. Commun., 19, 215 (1980).
22. J.P. Mithen, J. Daligault, B.J.B. Crowley and G. Gregori, Phys. Rev. E, 84, 046401 (2011).
23. S.V. Adamjan and I.M. Tkachenko, Ukr. Fiz. Zh., 36, 1336 (1991) (in Russian). The translation can be provided on request by the corresponding author.
24. J. Ortner and I.M. Tkachenko, Phys. Rev. A, 46, 7882 (1992).
25. J. Ortner, Physica Scripta, T84, 69 (2000).

Материал поступил в редакцию 19.06.24

И.М. Ткаченко

Валенсия политехникалық университеті, Валенсия қ., Испания

КЛАССИКАЛЫҚ БІР КОМПОНЕНТТІ КУЛОН ЖӘНЕ ЮКАВА ПЛАЗМАСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ТІКЕЛЕЙ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Күшті байланысқан классикалық бір компонентті Кулон және Юкава плазмаларының динамикалық сипаттамалары динамикалық құрылым факторы (DSC-DSF) автоматты түрде алғашқы үштікті қанағаттандыратындай, симуляция деректерін енгізбестен бос момент моделіне негізделген пертурбациялық емес тәсілде алынған. жоғалмайтын сома ережелері. DSC-DSF, дисперсия, әлсіреу, дыбыс жылдамдығы және ұжымдық тербелістердің басқа сипаттамалары модификацияланған немесе классикалық гиперторлы тізбектің жуықтауы шеңберінде есептелген статикалық құрылым коэффициенті арқылы ғана анықталады. Барлық қол жетімді молекулярлық динамикалық модельдеу деректерімен жақсы сандық келісімге қол жеткізіледі.

Тірек сөздер: плазма, динамикалық жүйелер, момент әдісі, кулондық потенциал, термодинамикалық параметрлер, динамикалық сипаттама.

I.M. Tkachenko

Polytechnic University of Valencia, Valencia, Spain

DIRECT DETERMINATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF CLASSICAL SINGLE-COMPONENT COULLOMB AND YUKAWA PLASMA

Abstract. The dynamic characteristics of strongly coupled classical single-component Coulomb and Yukawa plasmas are obtained in a non-perturbative approach based on the free moment model without input of simulation data, so that the dynamic structure factor (DSC-DSF) automatically satisfies the first three nonvanishing sum rules. DSC-DSF, dispersion, attenuation, speed of sound, and other characteristics of collective oscillations are determined only using the static structure coefficient calculated within the framework of modified or classical hypergrid chain approximations. Good quantitative agreement is achieved with all available molecular dynamics' simulation data.

Keywords: plasma, dynamic systems, method of moments, Coulomb potential, thermodynamic parameters, dynamic characteristic

IRSTI 30.19.51

M. Ibildaev ©

PhD, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0003-1857-5550
M.Kh. Dulaty Taraz Regional University,
Taraz, Kazakhstan
ibildaev@mail.ru

https://doi.org/10.55956/WYKO9433

THEORETICAL STUDY OF THE SCHEME OF SHAPING FORGINGS BY UPSETTING FROM STEP SHAFTS

Abstract. Experimental studies have shown that shaping forgings by upsetting in closed dies is not possible, since an annular clamp is formed at the junction of steps of larger and smaller diameters. To eliminate the clamp, the upsetting of stepped shafts with a conical cut is proposed and theoretical studies are carried out. Calculations have shown that metal leakage occurs simultaneously with the upsetting of the conical transition and the risk of clamping is small.

Keywords: stepped shaft, ring clamp, conical cut, transition places, plastic deformation, research.

Ibildaev M. Theoretical study of the scheme of shaping forgings by upsetting from step shafts // Mechanics and Technologies / Scientific journal. – 2024. – No.2(84). – P.479-487. https://doi.org/10.55956/WYKO9433

Introduction. Preliminary experimental studies have established that the shaping of forgings by upsetting in closed dies is not possible, since a ring clamp is formed at the conjugation of steps of larger and smaller diameters, which is unacceptable for most shafts due to strength conditions (Fig. 1) [1].

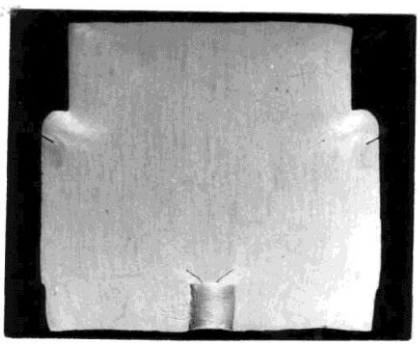


Fig. 1. Macrostructure of a sample with a formed clamp

In connection with the formation of a clamp, we will analyze the version of the workpiece with a conical transition from a larger to a smaller step. Theoretical

analysis should give the optimal value of the cutting angle, at which clamping can be avoided.

Materials and methods. With the selected geometry of the workpiece (Fig. 2), we will determine the dimensions of the compensator required for welding to the end of the smaller step in order to restore the dimensions of the shaft by volumetric deformation.

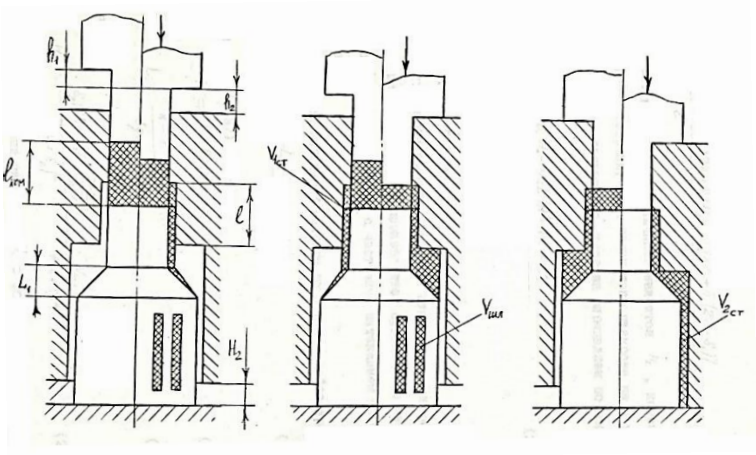


Fig. 2. Scheme of movement of metal of a workpiece with a conical cut

The calculation of the length of the compensator, carried out according to the diagram in Fig. 2, gave the following value

$$l_k = \frac{V_k}{Hr^2} = \frac{\delta_1(2r+\delta_1)l + \delta_2(2R+\delta_2)L}{r^2} + \frac{V_{ш}}{Hr^2} + \frac{L_1()2R^2 - Rr - r^2}{3r^2} \quad (1)$$

where, L_1 – length of the conical part of the larger step.

The last term of the equation indicates the increase in metal required to compensate for the conical cut, at the transition of the steps.

If we express the length L_1, through the corner α, then the last expression takes the form:

$$l_k = \frac{\delta_1(2r+\delta_1)l + \delta_2(2R+\delta_2)L}{r^2} + \frac{V_{ш}}{Hr^2} + \frac{(2R^2 - Rr - r^2)(R-r)}{3r^2 \lg\alpha} \quad (2)$$

Let's consider the deformation process step by step, following the rule of displaced volumes. We determine the stroke of the movable punch at stage 1 of deformation:

$$h_1 = \frac{\delta_1(2r+\delta_1)l + \delta_1(2r+\delta_1)H_2}{r^2} + \frac{L[R\delta_1 + \delta_1(2r+\delta_1)]}{3r^2} \quad (3)$$

In formula (3), the unknown value is H, which is determined below. The value of the stroke of the movable punch at stage II and the total value of the stroke of the movable punch are determined by the formulas:

$$h_2 = \frac{R_1^2(H_2 + L) - r_1^2 \cdot H_2 - 1/3L(R^2 + Rr + r^2)}{r^2} \quad (4)$$

Full stroke of the movable punch

$$h_{пуан} = h_1 + h_2 \quad (5)$$

Research results and discussion. At stage III of deformation, the movable punch moves together with the movable matrix and the metal moves along the surface of the larger step with partial flow of metal into the grooves of the splines. We determine the stroke of the movable matrix at stage III of deformation.

$$H_2 = \frac{(R_1^2 - R^2)(L - L_1)}{R_1^2} + \frac{V_{ш}}{HR_1^2} \quad (6)$$

If in formula (2) we replace

$$R_1 = R + \delta_2 \quad (7)$$

$$L_1 = \frac{R - r}{\lg \alpha} \quad (8)$$

Then we get

$$H_2 = \frac{\alpha_2(2R + \delta_2)\left(L - \frac{R - r}{\lg \alpha}\right)}{(R + \delta_2)^2} + \frac{V_{ш}}{H(R + \delta_2)^2} \quad (9)$$

After substituting the value of H into the formulas for determining the stroke of the movable punch (3, 4, 5), we obtain

$$h_{пуа} = l_{ком} - H_2 \quad (10)$$

After determining the necessary data for the design of die tooling, we will analyze the possibility of forming a clamp when using a blank with a conical cut. A number of works on the upsetting of blanks in the idea of a truncated cone have been published in technical literature. We will note the most significant works of the authors [2,3,4,5], in which the analysis of the deformation process of conical blanks is carried out using the slip line method. The results of the listed works can be used by us in full, since they were carried out for upsetting "high blanks" with a height greater than the diameter of the small base $(L/d \rangle 1)$. In this case, the field of slip lines looks like this (Fig. 3).

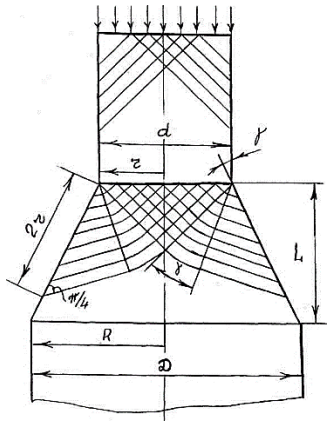


Fig. 3. Field of sliding lines during upsetting of a "high" cone

Using such a "long" cut on blanks would lead to excessive metal consumption and increased labor intensity of mechanical processing. In addition, as shown by in-depth studies conducted by Zhuravlev A.Z. [5], during upsetting of a high cone, defects in the form of folds (clamps) may appear. Based on the theoretical and experimental studies conducted, Zhuravlev A.Z. determined the limits of possible fold formation depending on the ratio at D/d the cone angle $\alpha = 0^0 - 10^0$.

During upsetting of stepped blanks, the clamp is formed together with the transition of the steps. Therefore, the works of Zhuravlev A.Z. are valuable in that they indicate the lower limit of the cone angle with a value of , above which the appearance of folds and clamps on the conical surface is excluded. Our task includes determining the optimal value of the cutting angle of a larger step, at which the clamp would be excluded or its value would be reduced to a minimum.

From the adopted clamping scheme, it is possible at the II stage of deformation, when the upsetting of the diameter of the small step ends and the metal begins to flow into the cavity (receiver) for its further movement along the outer surface of the diameter of the larger step. For analysis, we use the slip line method.

Let us consider the flow of metal at the moment the metal begins to flow out in the diametrical direction into the cavity-receiver.

With a "short" length of the conical transition ($h/d\langle 1$) the possible field of slip lines will look like this (Fig. 4).

From the diagram of the field of slip lines (Fig. 4) it is clear that we have two centers of plastic deformation at the exit of the metal into the cylindrical belt and on the free surface of the conical transition between the steps.

The first field of slip lines (AFS) corresponds to the typical field of slip when displacing metal into a burr groove during hot stamping.

The second slip line field (VO, D) corresponds to the typical slip line field during closed stamping, when the die corners are filled.

Based on the rigid-plastic body hypothesis, it can be said that plastic deformation occurs in the zone outlined by the slip line field. The rest of the body is conditionally rigid. Thus, the deforming force is necessary to displace the metal into the cylindrical belt through the rigid zone O VO acts on the conical transition, forcing the metal of the conical transition to move in the radial direction.

Figure 4 shows the normal stress distribution diagrams constructed on the basis of slip line fields.

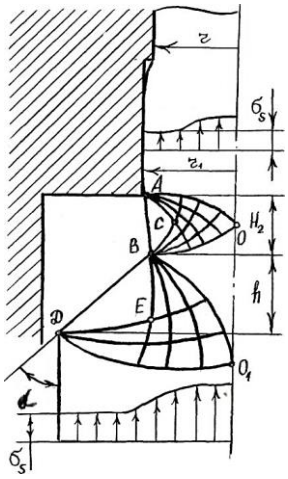


Fig. 4. Slip line field at the moment of metal flow into the diametric receiver

The author [6] proposed the following analytical dependencies for determining the magnitude of the deformation force, taking into account the nature of the normal stress distribution in the section of the deformed part.

Cylindrical belt (after slip lines AOB):

$$P_{ö} = \delta_s \left(1.2 \ln \lambda_n + \frac{1.2}{\lambda_n} - 0.2 \right) H r^2$$

$$\lambda_n = \frac{F}{f} = \frac{H r_1^2}{2 H r_1 \frac{H_2}{2}} = \frac{r_1}{H_2}$$

where: – degree of deformation; F – cross-sectional area of a deformable body; f – area of the free surface of the metal flow.

After substituting the values λ_n formula (10) will take the form:

$$P_{ц} = \delta_s (1.2 \ln \frac{r_1}{H_2} + \frac{1.2 H_2}{r_1} - 0.2) H r_1^2 \quad (11)$$

Mathematical processing of the field of slip lines of the VO D allows us to write the following analytical expression for determining the force required to deform the conical transition:

$$P_k = \delta_s (1.85 \ln \frac{R^2}{r^2} + \cos^2 \alpha \frac{r^2}{R^2}) H r^2 \quad (12)$$

where r – radius of the minor section of the cone; R – radius of the base of the cone; α – angle of inclination of the cone generatrix.

From the condition of metal flow towards the minimum resistance, we need the resistance to deformation in the annular part and in the conical transition to be

the same. In this case, uniform metal flow in the annular and conical parts of the part is ensured.

From the condition of equality of deforming forces $P_ц = P_к$ you can find the value of the conical cut angle α for the original workpiece. Let's make an equation from formulas (11 and 12).

$$\delta_S\left(1{,}2\ln\frac{r_1}{H_2}+\frac{1{,}2H_2}{r_1}-0{,}2\right)Hr_1^2=\delta_S\left(1{,}85\ln\frac{R^2}{r^2}+\cos^2\alpha\frac{r^2}{R^2}\right)Hr^2 \tag{13}$$

From the resulting equation we find:

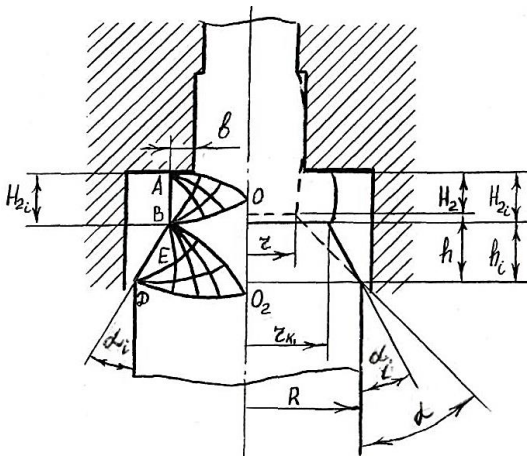
$$\cos\alpha=\frac{R}{r}\sqrt{\frac{r_1^2}{r^2}\left(1{,}2\ln\frac{r_1}{H_2}+\frac{1{,}2H_2}{r_1}-0{,}2\right)-1{,}85\ln\frac{R^2}{r^2}} \tag{14}$$

The obtained expression (14) shows that the magnitude of the angle depends on the ratio $\frac{R}{r}$ and heights H_2, which in turn is determined by the volume of metal moved to restore the second stage of the product.

In the analysis, the assumption used in their works by the authors [5,6] is that the cone generatrix retains a rectilinear shape during upsetting. Then, in the intermediate position, it can be represented by the diagram (Fig. 5).

In the analysis, the assumption used in their works by the authors [5,6] is that the cone generatrix retains a rectilinear shape during upsetting. Then, in the intermediate position, it can be represented by the diagram (Fig. 5).

As the forming punch moves, the conical transition is upset from the initial height to some intermediate height, and, taking into account the above assumption, the angle of inclination of the generatrix decreases from the value α to α_i. At the same time, the metal flows into the diametric receiver. The initial height H_2 increases to H_{2i} due to the cone's settlement.



a) field of sliding lines; b) change in product shape.

Fig. 5. Intermediate stage of metal displacement into the diametric receiver and cone upsetting

From the condition of constant volume for the conical transition, we can write:

$$\frac{1}{3}Hh\left(r^2+Rr+R^2\right)=\frac{1}{3}Hh_i\left(r_{ki}^2+Rr_{ki}+R^2\right), \tag{15}$$

where, given the value h_i, you can find the radius of the upper base of the cone:

$$r_{ki}=-\frac{R}{2}+\sqrt{\frac{R^2}{4}+\left[\frac{h}{h_i}\left(r^2+Rr+R^2\right)-R^2\right]} \tag{16}$$

Size h_i we select based on the condition that the deformation at each deformation interval is approximately 10%, and we find the magnitude of the deformation from the ratio:

$$\Sigma=\frac{h-h_i}{h}\cdot 100\% \tag{17}$$

From the diagram in Fig. 5 it is evident that the metal will flow out in the cylindrical receiver by some amount, and the shape of the field of slip lines will change. Mathematical processing according to the method of Shofman [7], in this case gives the following analytical expression for calculating the deformation force:

$$P_{ų}=\delta_s\left(1.2\ln\frac{r}{H_2}+\frac{1.2H_2}{r_i}-0.2+\frac{2MB}{H_{2i}}\right)Hr_1^2 \tag{18}$$

where μ – coefficient of friction in hot stamping.

Equation (18) differs from equation (11) only by the term $\frac{2M\mathrm{B}}{H_2}-$ taking into account the friction forces when displacing the metal into the ring receiver.

Given the value h_i, we determine the dimensions of the upper base of the cone r_{ki} by formula (16). Then we determine the required deformation force for a given period of deformation of the conical transition by formula (12). In this case, in formula (12) instead of the value, a specific value found by formula (16) is put.

Next, it is necessary to determine the amount of metal movement into the annular diametric receiver under the action of the technological force that was necessary for the deformation of the conical transition.

The amount of metal movement in is found from equation (18) by the given value $P_{ųi}=P_{ki}$

$$\mathrm{B}=\frac{H_{2i}}{2M}\left(\frac{P_{ki}}{\delta_s Hr_1^2}-1.2\ln\frac{r_i}{H_{2i}}-1.2\frac{H_{2i}}{r_i}+0.2\right) \tag{19}$$

In this way, it is possible to determine step-by-step the metal movements in the cylindrical belt and conical transition for the entire process of filling the receiver with metal. It should be noted that formula (12) shows the maximum force required at the end of the cone upsetting, when $r_{ki} = R$.

$$\ln \frac{R^2}{r_{ki}^2} = 0, \alpha = 0, \cos \alpha = 1$$

In this case

$$P_k = H\delta_s R^2 \tag{20}$$

At each interval we compare the magnitude of the radial displacement of the metal in the conical transition (r_{ki}) and in the cylindrical belt ($r_{\text{ц}} = r_1 + \text{B}$).

The difference between them determines the magnitude of the resulting clamp.

$$\text{B}_{зажс} = \pm\left[(r_i + \text{B}) - r_{ki}\right] \tag{21}$$

Conclusion. Calculations have shown that metal leakage occurs simultaneously with the conical transition settling. The risk of clamping is small within 0.5 mm.

References

1. Ibyldayev M.KH. Tekhnologiya vosstanovleniya stupenchatykh valov neftegazovoy tekhniki goryachey ob"yemnoy shtampovkoy [Technology of restoration of stepped shafts of oil and gas equipment by hot die forging]: monograph. – Taraz: TIGU Publishing House, 2014. – 157 p., [in Russian].
2. Unksov Ye.P. et al. Teoriya plasticheskikh deformatsiy metallov [Theory of plastic deformations of metals]. – Moscow: Mechanical Engineering. 1983. – 597 p., [in Russian].
3. Shofman L.A. Teoriya i raschety protsessov kholodnoy shtampovki [Theory and calculations of cold stamping processes]. – Moscow: Mechanical Engineering. 1964. – 375 p., [in Russian].
4. Zhuravlev A.Z. Osnovy teorii shtampovki v zakrytykh shtampakh [Fundamentals of the theory of stamping in closed dies]. – Moscow: Mechanical Engineering. 1973. – 223 p., [in Russian].
5. Tomsen E., Yang TS., Kobayashi SH. Mekhanika plasticheskikh deformatsiy pri obrabotke metallov [Mechanics of plastic deformations in metal processing]. – Moscow: Mechanical Engineering. 1969. – 503 p., [in Russian].
6. Tomlenov A.D. Teoriya plasticheskogo deformirovaniya metallov [Theory of plastic deformation of metals]. – Moscow: Metallurgiya. 1972. -408 p., [in Russian].
7. Shofman L.A. Priblizhennyye resheniya nekotorykh trekhmernykh zadach obrabotki metallov davleniyem [Approximate solutions of some three-dimensional metal forming problems] // Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo [Forging and stamping production], 1996. No. 4. P. 1-7, [in Russian].

Material received on 19.06.04.

М. Ибылдаев

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Казақстан

САТЫЛЫ БІЛІКТЕРДЕН ТҰНДЫРУ АРҚЫЛЫ СОҒУДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ СХЕМАСЫН ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Эксперименттік зерттеулер жабық штамптарда тұндыру арқылы соғулардың пайда болуы мүмкін емес екенін анықтады, өйткені үлкен және кіші диаметрлі қадамдардың конъюгациясында сақиналы қысқыш пайда болады. Қысқышты жою үшін конустық кесіндісі бар сатылы біліктердің шөгінділері ұсынылды және теориялық зерттеулер жүргізілді. Есептеулер көрсеткендей, металдың ағуы конустық түйісу шөгіндісімен бір мезгілде жүреді және қысқыштың пайда болу қаупі аз.

Тірек сөздер: сатылы білік, сақиналы қысқыш, конустық кесу, өтпелі орындар, пластикалық деформация, зерттеу.

М. Ибылдаев

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СХЕМЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОКОВОК ОСАЖИВАНИЕМ ИЗ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Аннотация. Экспериментальными исследованиями установлено, что формообразование поковок осаживанием в закрытых штампах не представляется возможным, так как в сопряжении ступеней большего и меньшего диаметров образуется кольцевой зажим. Для устранения зажима предложены осадка ступенчатых валов с конусным срезом и проведены теоретические исследования. Расчеты показали, что вытекание металла происходит одновременно с осадкой конического перехода и опасность образования зажима небольшая.

Ключевые слова: ступенчатый вал, кольцевой зажим, конусный срез, переходные места, пластическая деформация, исследование.