DULATY UNIVERSITY
Taraz | since 1958

№ 2
2025

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

МЕХАНИКА және ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналы

Научный журнал

МЕХАНИКА и ТЕХНОЛОГИИ

Scientific Journal

MECHANICS & TECHNOLOGIES

«Механика және технологиялар» журналы:

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

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

РИНЦ ғылыми дәйексөз Ресей ұлттық библиографиялық дерекқорында тіркелген.

http://elibrary.ru/project_risc.asp

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

Қазақстандық дәйексөз базасы бойынша импакт-факторы бар:

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

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

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

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

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

https://www.crossref.org/

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

Журнал «Механика и технологии»:

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

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

Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ

http://elibrary.ru/project_risc.asp

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

Имеет импакт-фактор по Казахстанской базе цитирования:

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

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

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

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

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

https://www.crossref.org/

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журнал

1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады

Жылына төрт рет шығады

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

№ 2 (88)
Сәуір-маусым
2025 ж.

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

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

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

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

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО
«ТАРАЗСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.Х. ДУЛАТИ»

МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

Издается с января 1994 года

Выходит четыре раза в год

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

№ 2 (88)
Апрель-июнь
2025 г.

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

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

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

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

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGH EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

M.Kh. DULATY
TARAZ UNIVERSITY

MECHANICS & TECHNOLOGIES

Scientific Journal

Published since January 1994

Published four times a year

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

No. 2 (88)
April-June
2025

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

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

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

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

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGIES

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

CHEMICAL TECHNOLOGIES

ЖЕҢІЛ ӨНЕРКӘСІП ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

ҚҰРЫЛЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

МЕХАНИКА

MECHANICS

ҒТАМР 65.59.31

Қ.Ж. Базарбаева[1] – *негізгі автор,*
А.Д. Пулатова[2], К.М. Қожамсүгіров[3], С. Әлтайұлы[4], Г.М. Салхожаева[5]

[1]Хим. ғылым.канд., доцент м.а., [2]Магистр, [3]Аға оқытушы, [4]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [5]Биол. ғылым. канд., доцент м.а.

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0002-5372-0784 [2]https://orcid.org/0009-0005-3254-3610 [3]https://orcid.org/0000-0002-8763-8087 [4]https://orcid.org/0000-0003-4946-6824 [5]https://orcid.org/0009-0006-6841-6987*

[1,2,5]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
[3,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

@ *[1]karlygash.ba@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/SPYE3356

ТАРЫНЫҢ ТАЛҚАНЫ ЖӘНЕ КЕБЕГІМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ШҰЖЫҚ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДІҢ РЕЦЕПТУРАСЫ

Аңдатпа. Мақалада ет өніміне тары талқаны мен кебегін қосу арқылы ұсынылатын рецептура бойынша шығарылған шұжық өнімдерінің сапасын сипаттайтын қасиеттері зерттелді. Жартылай ысталған шұжықтарды тары талқаны мен кебегімен байытылған дәрумендерге бай, жоғары сапалы ет өнімін алу мүмкіндігі анықталды. Шұжық өнімдеріне 5%, 7% тары талқаны және 5%, 7% тары кебегі қосылып жаңа технология бойынша шұжық жасалынып, олардың органолептикалық, физико-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштері және сақтау мерзімі зерттелді. Денсаулыққа пайдалы 5%, 7% тары талқаны, майлылығы аз диеталық 5% тары кебегі қосылған шұжыққа қарағанда 7% тары кебегі қосылған шұжықтың ылғалдылығы ең төмен. Вакуумсыз және қоспасыз жағдайында өндірілген шұжықтардын жарамдылық мерзімі 13 тәулік болып табылады. Микробиологиялық талдау нәтижесінде жартылай ысталған шұжық өнімдерінде бөтен микроағзалар жоғын көрсетті. Органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері бойынша шұжық өнімдері МЕМСТ стандарттарына сай келеді. Зерттеудің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы адам ағзасына пайдалы шұжық өнімдерін өндіруде, ал шұжық құрамына тары талқаны мен кебегін қосу арқылы шұжық өнімдерінің шығымын арттырады, бұл азық-түлік өндірісте шұжықты өндірудің экономикалық тиімділігін көрсетеді.

Тірек сөздер: шұжық, тары талқаны, тары кебегі, жартылай ысталған шұжық, органолептикалық сипаттамалар, микробиологиялық сипаттамалар.

Базарбаева, Қ.Ж. Тарының талқаны және кебегімен байытылған шұжық өнімдерін өндірудің рецептурасы [Мәтін] / Қ.Ж. Базарбаева, А.Д. Пулатова, К.М. Қожамсүгіров, С. Әлтайұлы, Г.М. Салхожаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.9-23. https://doi.org/10.55956/SPYE3356

Кіріспе. Тары – көп таралған маңызды жармалық дақыл, оның дәнінде орта есеппен 12% нәруыз, 3,5% май, 81% крахмал, 1,04% жасунық (клетчатка) бар.

Тары талқаны – сіңімді әрі дәмді, құнарлы және емдік қасиеті бар ас. Ұнтақ түрінде тары талқаны – құнды жемдік өнім. Оның құрамында 10-15% май, 15% нәруыз және басқа биологиялық құнды заттар бар. Биологиялық құндылығына байланысты оны құрама жем алуда қолданады [1].

Соңғы жылдары астықты қайта өңдеу саласында алынатын өнім – кебекке көп көңіл бөлінуде. Кебек – бұл ас қорыту процесінде абсорбент рөлін атқаратын өрескел диеталық талшық. Кебек артық суды, токсиндерді, майларды, ауыр металдарды сіңіре алады және қорытылған тағамның ішек жолдары арқылы қозғалуына ықпал етеді, сонымен ас қорыту жүйесінің жұмысын жақсартады.

Ет және ет өнімдері құрамында көп аққуыздар және адам ағзасына пайдалы қоректік заттары бар болғандықтан, шұжық өнімдерінің ассортиментін кеңейте отырып, өсімдік ақуызының, тағамдық талшықтардың және басқа да қоректік заттардың қосымша көзі ретінде ет өнімдерін өндіруде сәтті пайдалануға болатыны белгілі [2-5].

Шұжық өнімдеріне өсімдік шикізатын қосу арқылы ет өнімдердің кең ассортиментін шығару, оларды қоректік, функционалды және пайдалы қасиеттерге ие тағамдық талшықтармен байыту тағамдық өнеркәсіпте басты мәселелердің бірі болып табылады. Тағамдық талшық негізінде бұршақ дақылдары, жемістер мен көкөністер қосылған ет өнімдерінің семіздік, кейбір қатерлі ісіктер, II типті қант диабеті, жүрек-қан тамырлар аурулары және ішек аурулары сияқты әртүрлі өмір салты ауруларымен күресудегі биологиялық белсенділігін жақсарту мақсатында қарастырылды [6,7].

Өсімдік шикізаттары соның ішінде тары талқаны, сұлы, бидай және басқа да астық тұқымдастарының кебектері шұжықты биологиялық белсенді заттармен байытуға, тағамдық және биологиялық құндылығын арттыра алуға мүмкіндігі ертерек зерттелген. Осылай, сұлы кебегінің әртүрлі концентрациясы май мен ет алмастырғыш ретінде қолдану үшін суда зәйтүн майы эмульсияларын қалыптасуы зерттелді [8]. Бидай кебегі мен кептірілген сәбіз сығымдарының тауық шұжықының сапа көрсеткіштеріне әсері зерттелді, сондағы талшықпен байытылған шұжықта диеталық талшық мөлшері едәуір жоғары және холестерин мөлшері төмен шыққаны анықталды [9]. Диеталық өсімдік талшықтарды ет өнімдеріне қосу арқылы өнімді физиологиялық функциялары, сапасы және ет өнімдерін шығуы жоғары көрсеткіштерімен шығаруға мүмкіндік береді. Ет өнімдеріне талшықты қосу суды ұстау, майды ұстау, мұздатуға/ерітуге төзімділік, майларды байланыстыру қабілеті, гель түзу қабілеті, текстураның модификациясы, бейтарап дәм, пісіру шығындарын азайту қабілеті сияқты көптеген функционалдық және технологиялық қасиеттеріне байланысты маңыздылығы бары анықталған [10]. Ет алмастырушы ретінде соя изоляттар мен клетчатка ретінде сұлы талқаны қосылған шұжықтың жаңа рецепті шығарылған [11]. Жүгері кебегі қосылған шұжықтын физика-химиялық сипаттамалары және антиоксиданттық қабілеттілігі [12], сұр вешенка саңырауқұлақтарын нут ұны қосылған шұжықтардың жаңа рецепті [13], шошқа майын күріш кебегімен ауыстыру рецептімен шығарылған сосискалардың органолептикалық қасиеттері зерттелді [14]. Сол себептен өсімдік талшықтарды тағам өндірісінде әсіресе ет өнімдерінде пайдалану терең зерттелуде.

Отандық шұжық нарығын және жүргізілген тұтынушылық сауалнамасы бойынша, «тары» ұлттық астық өсімдік талшығы ретінде отандық шұжық өнімдерінің құрамына қосу ой және дәрумендерге бай ет

өнімін шығару мақсатында, жаңа рецепт құрудың жақсы негізі барын көрсетті.

Шұжық өнімдерін тары талқаны мен кебегі қосылған шұжық өнімдерін байыту ет өнімдері сатып алушының қызығушылығын тудырады, бұл тұтынушылар рационында пайдалы және сапалы ет өніміне сұранысты көрсетеді.

Табиғи энтеросорбент ретінде тары талқаны мен кебегі қосылған ет өнім дәмді, адамның денсаулығына пайдалы, диеталық, холестерині төмен және сапалы шұжық өнімдерін жасап шығаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар тағамдық талшықтар шұжыққа қосылуы шұжық өнімдерінің шығуын арттырады, яғни экономикалық жағынан өте қол жетімді және пайдалы болып келеді. Сондықтан тарының талқаны мен кебектерімен байытылған шұжық өнімдерін өндіру рецептурасын шығару және олардың сапа көрсеткіштерін зерттеу мәселесі өзекті болып табылады.

Жұмыстын ғылыми жаңалығы – көп жағдайда қалдық ретінде тасталынатын тары кебегін қосу арқылы экономикалық жағынан тиімді, адам ағзасына пайдасы және сапалық көрсеткіштері бар шұжықты шығару.

Зерттеу жұмысымыздың мақсаты – тұтынушыға экономикалық жағынан тиімді және адамның денсаулығына пайдалы тары талқаны мен кебегімен байытылған шұжық өнімдерінің жасау және олардың органолептикалық, физико-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау және оны нарыққа шығару.

Ғылыми зерттеу жұмыстары С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Эксперименталді өндірістік ет өңдеу» цехы мен «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедраның зертханасында, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеттің «Биотехнология және микробиология» кафедраның зертханасында жүргізілді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Шұжық өнімдеріне энтеросорбенттер әсерін зерттеу үшін тары талқаны мен кебегі қосу арқылы зерттеу жүргіздік.

Тары талқаны мен кебегін қайта өңдеу. Шұжықтың органолептикалық көрсеткіштері жақсы шығуы үшін тары талқаны мен кебегін шұжыққа қосудан бұрын ұсақтағышта майдалап, гидратациядан өткіздік. Гидратация процесінде тары талқаны мен кебегін бөлек ыдыстарда 1:3 қатынасында 80-85°С-та 30 минутқа бұқтырдық.

Суға бұқтырылған тары талқаны мен кебегі шұжықтың консистенциясына, суды ұстау қабілетінің, майды ұстау қабілетінің артуын жақсартуы мақсатында тары талқаны мен кебегі бұқтырылғаннан соң фаршпен араластырылып бөлме температурасында сақталды. Бұл процесс тары талқаны мен кебегінің шұжықтың құрамында жұмсақ және жақсы араласуына септігін тигізеді.

Шұжық жасау үшін термокамера, ет ұсақтағыш, турама араластырғыш, қабықшаға фарш толтыруға вакуумды шприц аппараты қолданылды.

Шұжыққа қандайда болсын жаңа қоспа қосу барысында, ең алдымен ол қоспаның құрамына аса қатты көңіл аударуымыз қажет, себебі қосылған қоспа шұжықтың сыртқы түріне, түсіне, дәміне оң әсер етуі керек.

Ет фаршын дайындау. Ең алдымен ұшаны бөліктерге бөліп, еттерді сүйегінен ажыратып, сіңірлерден тазалап, етімізді ұсақтауға дайындаймыз. Тәжірибемізде қой, сиыр және тауық еттерін келесі мөлшерде қолдандық:

- Қой еті – 6,380 кг (71%);
- Сиыр еті – 1,550 кг (17,5%);

– Тауық еті – 1 кг (11,5%) алынды.

Шұжық құрамын нақты жасау барысында барлық қоспалар, шикізаттар, дәмдеуіштер қосылатын мөлшері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Шұжық құрамы және пайыздық мөлшері

Шикізат (дәмдеуіштер, материалдар)	Шұжық құрамы (тұздалмаған шикізат)									
	Бақылау ГОСТ 16351-86		Тары кебегі 5%		Тары кебегі 7%		Тары талқаны 5%		Тары талқаны 7%	
	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Қой еті	71	6,4	71	6,3	71	6,3	71	6,3	71	6,3
Сиыр еті	17,5	1,5	17,5	1,5	17,5	1,5	17,5	1,5	17,5	1,5
Құс еті	11,5	1	11,5	1	11,5	1	11,5	1	11,5	1
Тұз	2	0,017	2	0,017	2	0,017	2	0,017	2	0,017
Қара бұрыш	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1	0,001
Нитритті тұз	0,18	0,011	0,18	0,011	0,18	0,011	0,18	0,011	0,18	0,011
Кориандр	0,05	0,004	0,05	0,004	0,05	0,004	0,05	0,004	0,05	0,004
Сарымсақ	0,2	0,017	0,2	0,017	0,2	0,017	0,2	0,017	0,2	0,017
Құмшекер	0,15	0,013	0,15	0,013	0,15	0,013	0,15	0,013	0,15	0,013
Тары талқаны	-	-	-	-	-	-	5	90	7	120
Тары кебегі	-	-	5	90	7	120	-	-	-	-

Сүйегі мен бездерінен, сіңірлерден тазартылған ет кесектерге бөлініп, электрлік ет тартқышта фарш жасалды. Ет толықтай ұсақталып біркелкі фарш болғаннан соң, фаршараластырғышта дәмдеуіштер мен қоспалар қосу арқылы шұжық фаршы дайындалды. Дәмдеуіштер қосылған фаршты, вакуумды шприц арқылы қабықшаға толтырылып, рамаларға ілінген шұжық батондарын екі сағатқа нығыздау процессіне жіберілді. Нығыздау процесі шұжықтың дәміне, консистенциясына, құрылымына, қабықша ішіндегі фарштың нығыздалуына жақсы әсерін тигізеді.

Бақылаушы шұжық және 5%, 7% тары талқаны, 5%, 7% тары кебегі қосылған шұжық дайындау. Тәжірибелік шұжық жасау барысында тары талқаны мен кебегі 5% және 7% мөлшерде есептелініп салынды, басқа қоспалар дәл бақылаушы шұжыққа қосылған мөлшерде қосылды (кестелер 1, 2).

Кесте 2

Тары талқаны мен кебегінің гидратация кезінде шұжық құрамының мөлшері

Қоспалар	Қоспа мөлшері		Фарш мөлшері, кг	Су мөлшері, гр
	%	гр		
1. Тары кебегі	5	90	1,780	270
2. Тары кебегі	7	120	1,780	360
3. Тары талқаны	5	90	1,780	270
4. Тары талқаны	7	120	1,780	360
5. Бақылаушы	-	-	1,780	-

Араластырылған фарш ары қарай шұжық жасау үшін шұжық жасаушы аппаратқа салынып, жасанды қабықшаларға толтырылды. Жасанды қабықшалар стандартқа сай, барлығы бірдей мөлшерде, жақсы адгезияға ие, микроорганизмдердің әсеріне төзімді және бөлме температурасында жақсы сақталуы керек. Шұжықтырдың жасанды қабықшаларға толтырылған батондар біркелкі, тығыз болу тиіс.

Шұжықты термиялық өңдеу келесі процесстерден тұрады:

– қуыру процесі, температура 90°С-та 35-45 минут уақыт арасында термокамерада жүргізілді;

– пісіру процесі, температура 80-85°С-та 120-150 минут уақыт арасында термокамерада жүргізілді;

– шұжықты салқындату, суық сумен 20-30 минут арасында душ астында жүргізілді.

Шұжықты пісіру процесі. Рамаларға ілінген шұжық батондарын температурасы 85-90°С-қа алдын ала қыздырылған термокамераға саламыз. Шұжық батондары термокамерада қуыру процессі кезінде, шұжықтың қабықшасы кебіп, түсі қызғылт, батон ішіндегі температурасы + 40-45°С-қа жеткен соң қуыру процесі аяқталады (1-сурет).

Шұжық батондарын қуырудан соң пісіру процесі басталады. Пісіру процесі кезінде термокамерада температура 80-85°С, ылғалдылық 90-95% болуы тиіс. Батон ішіндегі температурасы 72°С-қа жеткенде пісіру процессі аяқталады. Пісіріліп дайын болған шұжық батондарын термокамерадан шығарып, суық су астына суытуға қоямыз.

Шұжық батондары суық су астында суыған соң, қайта термокамераға ыстауға қоямыз. Ыстау процесі 14-16 сағат жүреді.

Сурет 1. Термокамерада шұжықтарды дайындау процесі

Түтінмен жартылай ысталған шұжықтардың сыртқы түсі, дәмі, консистенциясы, иісі, балғындылығы өзіне тән болады. Жартылай ысталған шұжықтардың пісірілген шұжықтардан айырмашылығы олардың ылғалдылығына байланысты, сақтау мерзімінің ұзақтығында.

Келесі кезең – дайындалған шұжық өнімдерін зерттеу барысында органолептикалық, физико-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштерін талдау болды.

Органолептикалық талдау. Зерттеуге беті таза, құрғақ, зақымдалмаған, дақтарсыз, зеңдерсіз дайын шұжық батондары алынады. Шұжық фаршы сыртқы қабығына тығыз орналасуы керек. Шұжықтардың түрі батондарды кескенде қолмен ұстап көру арқылы шырыш бар немесе жоқ екендігі зерттеледі.

Шұжықтардың органолептикалық көрсеткіштеріне жататын түрі, түсі, дәмі, иісі, шырындылығы анықталады. Дайын өнімнің сапасын бағалау кезінде әр шұжық түрі тексеруден өтеді. Органолептикалық көрсеткіштер өнімнің әр түріне қойылатын талаптарға сәйкес келуі керек.

Органолептикалық бағалауды оқытушылары мен білім алушылардан тұратын комиссия жүргізді. Комиссия мүшелерімен шұжықтардың ең алдымен дәмі, түрі, шырындылығы бағаланды. Бағалау үшін шұжық батондары диаметрі 2 см, қалыңдығы 2 см шұжық үлгілері зерттелінді. Органолептикалық сипаттамалары бойынша, атап айтқанда түсі мен сыртқы түрі, дәмі, құрылымы, балғындылығы, шырындылығы бойынша 5 баллдық сипаттамалық шкала бойынша бағаланды (мұнда 1 – өте нашар, 5 – өте жақсы деген баға).

Физико-химиялық талдау. Физико-химиялық анализ кезінде ылғалдың массалық үлесі, ас тұзының массалық үлесі, крахмал және нитриттің массалық үлесі есептеледі. Бұл анализ шұжық өнімдерінің құрамы мен қасиеттерін көрсетеді.

Ылғалдың массалық үлесі кептіру әдісімен, ГОСТ 9793-74 «Ет өнімдері. Ылғалды анықтау әдістері» бойынша анықталды [15].

Ылғалды анықтау зерттеу жүргізу: Бюкске өнімнің үлгісінен 2-3 есе артық мөлшерде құм мен шыны таяқша температурасы (150±2)°С кептіру шкафында 30 минут кептіріледі. Кептірілген бюкс қақпақпен жабылып, эксикаторда бөлме температурасына дейін салқындатылып өлшенеді. Содан кейін құм салынған бюкске салмағы 2-3 г шұжық үлгісі салынып қайта өлшенеді және құммен шыны таяқшамен араластырылып (150±2)°С температурада ашық бюкста кептіру шкафында кептіріледі. Кейін бюксті қақпақпен жабылып, эксикаторда бөлме температурасына дейін салқындатылып өлшенеді.

Шұжық өнімдерінің ылғалдың массалық үлесі (Х) пайызбен келесі формула бойынша есептеледі:

$$X = \frac{(m_1 - m_2)\cdot 100}{(m_1 \cdot m_0)}, \quad (1)$$

мұндағы: m_0 – құм мен таяқшасы бар бюкстың массасы, г; m_1 – құм, таяқша және шұжық үлгісінің ілуі бар бюкстың массасы, г; m_2 – кептірілгеннен кейін құм, таяқша және шұжық үлгісінің ілуі бар бюкстың массасы, г [15].

Шұжық құрамындағы крахмалды анықтау. Шұжықтағы крахмалдың құрамын анықтау кезінде сапалы және сандық зерттеу әдістері қолданылады. Сапалық анықтаумен – шұжықтың жаңа кесілген бетіне Люголь ерітіндісінің бір тамшысы жағылады. Көк немесе қара-көк түстің пайда болуы крахмалдың болуын көрсетеді.

Боғыш заттарды анықтау. Фуксин, қызылша шырыны, арнайы "шұжық" боғыштары көбінесе сенсорлық заттар ретінде қолданылады, олардың тізімі үнемі өсіп отырады. Боғыш заттарды анықтау оларды 96% этил спиртімен алуға негізделген. Сұйықтықты боғу боғыш заттардың болуын көрсетеді. Егер шұжыққа боғыштар, әсіресе анилиндер қосылса, онда олар майға жақсы ериді және жон арқа қыртыс майын боғу бастайды. 2-3 г ұсақталған шұжық массасы колбаға салынып, 5 мл 96% этил спирті қосылды. Қоспа мұқият араластырылып, 10 минуттан кейін тұндырылған сұйықтық боғыштардың құрамына бағаланды.

Микробиологиялық талдау. ТР ТС 021/2011 «Тағамдық өнім қауіпсіздігі», ТР ТС 034/2013 «Ет және ет өнімдері қауіпсіздігі», ҚР СТ ГОСТ Р 51448-2010 (ИСО 3100-2-88) «Ет және ет өнімдері. Микробиологиялық зерттеулер үшін сынамаларды дайындау әдістері» бойынша жүргізілді [16-18].

Шұжықтардың микробиологиялық талдау кезінде келесі микроорганизм түрлеріне зерттеу жүргізілді:

1. БГКП (колиформдар);
2. *Staphylococcus aureus;*
3. Сульфитредуцирлеуші клостридиялар;
4. Патогенді микроорганизмдер, сальмонелла;
5. *Listeria monocytogenes*.

Тоңазытқышта сақтау. Тәжірибелік шұжықтарымызды толықтай зерттеу үшін тағы да бір маңызды көрсеткіштердің бірі ол -4°С-та тоңазытқышта сақтау, яғни қанша уақыт ішінде тоңазытқышта бүлінбеуін, салмағының өзгеру айырмашылықтарын қарастырдық. Ол үшін шұжықтар тоңазытқышта -4°С-та сақталынып, әр күні бір уақытта шұжықтың әр түрінен бір шұжық алып 13 тәулік бойы салмағын өлшенілді. Салмағынан бөлек шұжықтың сыртқы түрінің, түсінің өзгеруін бақыладық.

Шұжықтарды нарыққа шығару мақсатында тоңазытқышта сақтау арқылы шұжықтарды сатыпалушы қанша уақыт тұтына болатының анықтадық.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Органолептикалық көрсеткіштері бойынша зерттеу нәтижелері*. Жоғары көрсетілген рецептура бойынша дайындалған 5%, 7% тары талқаны және 5%, 7% тары кебегі қосылған шұжықтардың органолептикалық көрсеткіштерін бақылаушы шұжықпен салыстырдық. Нәтижесінде бақылаушы шұжыққа қарағанда 5% және 7% тары кебегі қосылған шұжықтардың шырындылығы ең төмен шықты. Бірақ тары кебегі қосылған шұжықтарға қарағанда 5% және 7% тары талқаны қосылған шұжықтардың шырындылығы жоғары болғанын анықталды. Тары кебегі қосылған шұжықтардың сыртқы түрінде құрғақшылықтын барын және тары кебегінін іздері 2-суретте жақсы көрінеді.

(а) (ә) (б)

Сурет 2. Шұжық батондарының органолептикалық көрсеткіштері: а – бақылау шұжығы; ә – 5% тары кебегі қосылған шұжық; б – 7% тары кебегі қосылған шұжық

Ал 7% тары талқаны қосылған шұжықта тары іздері айқын көрінді және 5% тары талқаны бар шұжыққа қарағанда оның шырындылығы аздау болып шықты. Бақылаушы шұжықпен салыстырғанда сыртқы түрі мен түсінде айырмашылықтар аса байқалмады (3-сурет).

(а) (ә) (б)

Сурет 3. Шұжық батондарының органолептикалық көрсеткіштері: а – бақылау шұжығы; ә – 5% тары талқаны қосылған шұжық; б – 7% тары талқаны қосылған шұжық

Органолептикалық көрсеткіштердің бірі дәмінің классикалық шұжықтан көп өзгешелігі болмауы, яғни тағамдық талшықтар қосылғанда шұжықтың дәмі өзгермеу керек. Сол мақсатта шұжықтардың дәмін дегустация нәтижелері келесі көрсеткіштерді берді:

Дәмі мен түрі бойынша 5 баллдық жүйесімен ең жоғары бағаланған 7% тары талқаны қосылған шұжық 1 орында болды, ол орташа есеппен 4,97 баллмен бағаланды. 7% тары талқаны қосылған шұжық өзінің ерекше тарының дәмінің айқын сезілуімен ерекшеленді.

Келесі 4,96 баллмен бақылаушы шұжықтын өзі 2 орында болды. Бұл жерде ерекше дәмі болғанын себебі қой еті, сиыр еті, құс етінің классикалық пайыздық мөлшерінде болып табылады.

Келесі 4,88 баллмен 3 орында 5% тары талқаны қосылған шұжық болды. Дегустация нәтижесі бойынша 5% тары талқаны қосылған шұжық шырындылығы, дәмі жағынан ерекше шұжықтардың бірі болды.

4,21 баллмен 4 орында 5% тары кебегі қосылған шұжық болды. 5% тары кебегі қосылған шұжық басқа шұжықтарға қарағанда шырындылығы аз, қаттылау болып келді.

Ал 7% тары кебегі қосылған шұжық ең аз балл 3,98 жинады, ол 5 орында, себебі шырындылығы өте төмен, құрғақтау және сыртқы түрінде тары кебектерінің көп болуымен ерекшеленді деп түсіндіре аламыз.

Дәмі жағынан 5% және 7% тары кебегі қосылған шұжықтар бақылаушы шұжықтарға қарағанда айырмашылығы жоғары болды.

Физико-химиялық көрсеткіштері бойынша зерттеу нәтижелері. Ең алдымен шұжық құрамындағы суды зерттедік, себебі шұжық өнімінде судың мөлшері өте маңызды критерийлердің бірі болып табылады. 5% және 7% тары кебегінің қосылуы шұжық құрамындағы ылғалдылықты біршама азайған көрсеткіштер 3-кесте көрсетілген.

Оның себебі тағамдық талшықтар шұжық өнімдерінде суды байланыстыру қабілетімен ерекшеленуде, сонымен қатар тары кебегі қосылған шұжық өнімдерінің ылғалдылығының төмендеуі тары кебегінің ылғалдығының еттен біршама төмен болуында болып табылады. Бірақ шұжықтың ылғалдылығының көп болуы шұжық өнімінің тез бұзылуына әкеліп соғады. Тәжірибе жасау барысында шұжықтардың ылғалдылығы нормалық шектен көп болуы байқалмады.

Кесте 3

Тәжірибелік шұжықтардын физико-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы	Жартылай ысталған шұжықтың сипаттамасы және нормасы /100г өнімде				
	бақылаушы	тары кебегі 5%	тары кебегі 7%	тары талқаны 5%	тары талқаны 7%
Ылғалдың массалық үлесі	41	38	35	40	40
*ГОСТ *9793-74*	42	42	42	42	42
Ас тұзының массалық үлесі	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
*ГОСТ *9793-74*	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Нитриттің массалық үлесі	0,0047	0,0047	0,0046	0,0047	0,0046
*ГОСТ *9793-74*	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
**ГОСТ 9793-74 «Ет өнімдері. Ылғалды анықтау әдістері» [15].*					

Тары кебегі және талқаны қосылған шұжықтардың кейбірінің майлылығы аз болып шықты, оның бірден-бір себебі тағамдық талшықтың қосылуында. Салыстыру нәтижесінде 5% тары талқаны қосылған шұжық 5% тары кебегі қосылған шұжыққа қарағанда шырындылығы жоғары болғаны анықталды. Оның себебі тары талқаны қосылған шұжық өзі майлы және сулы тары талқаны шұжыққа қосылмай тұрып гидратация процессінен өтсе де, талқанмен шұжық шырындылығын аз жоғалтады, ал майы жоқ тары кебегі шұжықтағы бар суды өзіне тартып алады.

Ал 7% тары кебегі қосылған шұжық өнімінде шұжықтың ылғалдылығының аз болуы майлылығының аз болуына байланысты. Сондықтан, 5% және 7% тары кебегі қосылған шұжық өнімдерін диеталық шұжыққа жатқыза аламыз.

Қорытылай отырып, органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері бойынша жартылай ысталған шұжық өнімдері МЕМСТ стандарттарына сай, көрсеткіштері қанағаттанарлық болып табылады.

Сонымен қатар, тарының кебегі мен талқаны қосылған шұжық өнімдері пісірілу кезінде шұжық батондарының көп шығуына әсер етті, бұл көрсеткіш өз кезегінде экономикалық жағынан тиімді болып келеді. Яғни, тағамдық талшықтар суды ұстап тұрушы қабілеті мен шұжық өнімінің көп шығуын қамтамасыз етеді.

Микробиологиялық көрсеткіштері бойынша зерттеу нәтижелері. Шұжық өнімдерін зерттеу барысында анализдердің бірі ең маңызды – микробиологиялық талдау болып табылады, ол шұжықтың сапасының жақсы екендігін, құрамында ешқандайда зиянды микроорганизмдердің болмауын көрсететін зерттеу.

Микробиологиялық анализ кезінде бөлме температурасы 21°С, ал ауа ылғалдылығы 64% болды.

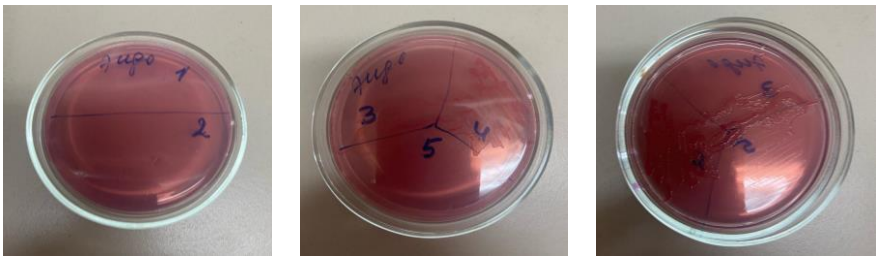
Микробиологиялық анализ бойынша барлық шұжық өнімінің түрлерінің (5%, 7% тары талқаны және 5%, 7% тары кебегі қосылған шұжықтар) құрамында бөтен патогенді микроағзалар табылған жоқ. Демек, шұжық жасау технологиясы, қауіпсіздік шаралары, шұжық жасау барысында цехтағы тазалық толықтай дерлік сақталған деп айтуға болады (4-кесте).

Кесте 4

5%, 7% тары талқаны және 5, 7% тары кебегі қосылған шұжықтың микробиологиялық көрсеткіштер

Микроорганизм түрлері, өлшеу бірлігі	Зерттеу әдістеріне нормативті құжаттар	Нормативті құжат бойынша нормалар	Нақты нәтижелер
БГКП (колиформдар), г	ГОСТ 31747-2012	<1,0	Табылған жоқ
S. aureus, г	ГОСТ 31746-2012	<1,0	Табылған жоқ
Сульфитредуцирлеуші клостридиялар, г	ГОСТ 29185-2014	<0,1	Табылған жоқ
Патогенді микроорганизмдер, сальмонелла, г	ГОСТ 31659-2012	<25,0	Табылған жоқ
L. monocytogenes	ГОСТ 32031-2012	<25,0	Табылған жоқ

Тамақ пен судың санитарлық сапасының көрсеткіші болып табылатын бактериялар тобы эндо ортасында табылған жоқ. Жалпы алғанда, шұжық өнімдерінің барлық түрі нормалық шектен асқан жоқ. Микробиологиялық анализ бойынша шығарылған тәжірибелік шұжықтар толықтай дерлік таза, сапалы, экономикалық жағынан тиімді болып табылады (4-сурет).



Сурет 4. Шұжық өнімдері зерттелген Эндо ортасы

5%, 7% тары талқаны және 5%, 7% тары кебегі қосылған шұжықтың тоңазытқышта сақтау кезеңдегі көрсеткіштер. Дайын шұжықтар -4°С-та тоңазытқышта 13 тәулік бойы сақтау көрсеткіштері сақтау мерзімін анықтауға мүмкіндік берді. Күнде бір уақытта әр шұжық түрінен таңдалып алынған бір шұжық батонның салмағы өлшеніп, шұжықтардың салмағы әр күні белгілі граммға азайды (5-кесте).

Кесте 5

Шұжықтар өнімі салмағының өзгеру көрсеткіштері, г

№	Бақылаушы	5% тары кебегі	7% тары кебегі	5% тары талқаны	7% тары талқаны
1	2	3	4	5	6
1 тәулік	429	461	420	463	450
2 тәулік	420	455	418	459	445
3 тәулік	411	450	414	454	439
4 тәулік	398	441	400	444	427
5 тәулік	386	433	386	435	416
6 тәулік	376	421	374	425	403
7 тәулік	368	415	362	415	393
8 тәулік	348	396	342	395	383
9 тәулік	341	384	332	388	373

5-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
10 тәулік	333	378	327	382	358
11 тәулік	317	360	319	370	352
12 тәулік	306	350	313	361	340
13 тәулік	294	345	309	355	331

5-кестеде тары кебегі мен талқанды қосуы шұжықтын салмағына біршама әсер еткенін көре аламыз. Тоңазытқышта сақталған шұжықтар әр күні салмағын, яғни ылғалдылықты жоғалта бастады. Шұжық батондары суын жоғалтқан сайын шұжықтардың сақтау мерзімі де азаяды. Классикалық жартылай ысталған шұжық өнімдеріннің де тоңазытқышта көп уақытта сақталған жағдайда ылғалдылығы азайып, сыртқы қабығы түйірілуін басталуы белгілі. Ал біздің тәжірибелік шұжықтар вакуумсыз, ешқандай сақтау мерзімін ұзартушы қоспаларсыз 13 тәулік бұзылмай сақталды. Бұл жақсы көрсеткіштердің бірі болып табылады.

Тары талқаны мен кебегінің жартылай шұжық өнімдеріне әсері. Тәжірибеміз көрсеткендей шұжықтар сапасы жағынан жоғары, органолептикалық, физико-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштері қанағаттандырылған болып шықты. Бұл тары кебегі мен талқанының шұжық құрамына қосылуының еш зиян жағы жоқ екендігін көрсетеді.

Тары талқаны мен кебегінің тағамдық талшықтары энтеросорбент ретінде қарастыратын болсақ, тағамдық талшықтардың етке жақсы жағынан әсерін айта кетуге болады. Шұжық өнімдеріне өсімдік шикізатын, соның ішінде тары талқаны мен кебегін қосу арқылы шұжық өнімдерін биологиялық белсенді заттармен байытуға, тағамдық және биологиялық құндылығын, шұжық өнімдерінің су ұстау, майларды байланыстыру қабілетін арттыра алуға мүмкіндігі бар екенін көрдік.

Экономикалық жағынан тағамдық талшықтар ретінде тары кебегі мен талқанының қосылуының арқасында, шұжық өнімінің шығымы артты. Көптеген шұжық өндіушы мекемелер шұжықтың шығымын арттыру мақсатында суды көп мөлшерде қосады, ал шектен тыс көп ылғалдылық шұжықтардың тез бұзылуына әкеліп соғады. Шұжық тез бұзылмауы үшін, шұжықтың шығымы да көп болуы үшін тары кебегі мен талқанын қосу экономикалық жағынан да тиімді болып табылады.

Қорытынды. Зерттеу барысында тары талқаны мен тары кебегін қосу арқылы жасалған шұжық өнімдерінің жаңа рецептурасы жасалды. Бұл рецептурада қой, сиыр, құс еттерінің және дәмдеуіштердің қосылуы тиімді пайыздық мөлшері анықталды. Жаңа рецептура бойынша сапасы жоғары, тұтынушыға пайдалы, экономикалық жағынан тиімді шұжық өндірілді.

Органолептикалық көрсеткіштері бойынша шұжықтардың дәмі бір-бірінен ерекше болды. Дегустация нәтижесі бойынша ең жоғары бағаға 7% тары талқаны қосылған шұжықтың сапасы бақылау шұжығының сапасына жақын болды.

Бақылаушы шұжықпен салыстырмалы талдау нәтижесінде тары кебегі қосылған шұжықтың сыртқы түрі орташа баға алды, себебі шұжық тілігінде тары кебектері айқын көрінді. Ал тары талқаны шұжық тілігінде айқын көрінгенмен тұтынушыға түрі де, дәмі де ұнады.

Физико-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштері бойынша, шұжық барлық нормалық шектерге сай. Шұжық құрамында ешқандай патогенді микроорганизмдер табылмады. Тұтынушы ағзасына зиянды

қоспалар жоқ, шұжық құрамындағы тұз, крахмал, нитриттер нормалық шектерден аспаған.

Тары кебегі отандық өндірісте көп қолданылмай қоқыс ретінде тасталынады. Ал тары кебегін ет өнеркәсібінде пайдалану дәмді тағам өнім шығару экономикалық жағынан тиімді болып келеді, себебі өсімдік талшықтар суды ұстап тұрушы қабілетімен диеталық шұжық өнімдерін өндіруін және дайын өнімнің шығымын арттырады.

Әдебиеттер тізімі

1. Әлтайұлы, С. Өсімдік шаруашылығы өнімдерін өндіру негіздері [Мәтін] / С. Әлтайұлы. – Алматы: Білім, 2016. – 176 б.
2. Манап, Қ.Р. Жартылай ысталған шұжықты өндіру тәсілі [Мәтін] / Қ.Р. Манап, К. Қызыр, Г.Ш. Джумабекова, М.С. Сериккызы // №33429 ҚР патенті. 2019. Бюл. №5
3. Шингисов, А.У. Құрамы сұйық түтінсіз препарат полифитокомпонентпен байытылған жартылай кептірілген шұжық өндірісінің әдісі [Мәтін] / А.У. Шингисов, Н. Оразәліұлы, З.И. Көбжасарова // №30303 ҚР патенті. 2015.
4. Сенченко, Б.С. Технологический сборник рецептур колбасных изделий и копченостей [Текст] / Б.С. Сенченко, И.А. Рогов, А.Г. Забашта. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 864 с.
5. Долгушина, В.П. Способ изготовления полукопченой колбасы с биоактивированным зерном пшеницы [Текст] / В.П. Долгушина, В.Г. Ермохин, В.А. Углов, Т.Т. Вольф, Е.В. Бородай, С.Н. Перфильева, А.Т. Инербаева // Патент №2547715 РФ. 2015. Бюл. №13.
6. Mishra B.P., Mishra J., Paital B., Rath P.K., Jena M.K., Reddy B.V.V., Pati P.K., Panda S.K., Sahoo D.K. Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review // Front Nutr. – 2023. – Vol. 10. – P. 1275341.
7. ГОСТ 16351-86. Колбасы полукопченые. Технические условия. [Текст]. – Введ. 01.01.88. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
8. Herrero A.M., Merino E., Muñoz-González I., Ruiz-Capillas C. Oil-in water vegetable emulsions with oat bran as meat raw material replacers: compositional, technological and structural approach // Foods. – 2023. – Vol. 12 (1). – P. 40.
9. Yadav S., Pathera, A. K., Islam R. U., Malik, A. K., Sharma, D. P. Effect of wheat bran and dried carrot pomace addition on quality characteristics of chicken sausage // Asian-Australas J Anim Sci. – 2017. – Vol. 31 (5). – P. 729-737.
10. Zinina O., Merenkova S., Tazeddinova D., Rebezov M., Stuart M., Okuskhanova E. Enrichment of meat products with dietary fibers: a review // Agron Res. – 2019. – Vol 17 (4). – P. 387-396.
11. Куцова, А.Е. Использование овсяного толокна в технологии продуктов функционального назначения [Текст] / А.Е. Куцова, С.В. Куцов, И.В. Сергиенко, А.О. Лютикова // Вестник Технология продовольственных продуктов. – 2015. – № 2. – С. 23-27.
12. Herrera-Balandrano D.D., Báez-González J.G., Carvajal-Millán E., Méndez-Zamora G., Urías-Orona V., Amaya-Guerra C.A., Niño-Medina G. Feruloylated arabinoxylans from nixtamalized maize bran byproduct: a functional ingredient in frankfurter sausages // Molecules. – 2019. – Vol. 24 (11). – P. 2056.
13. Mazumder MA.R., Sujintonniti N., Chaum P., Ketnawa S., Rawdkuen S. Developments of plant-based emulsion-type sausage by using grey oyster mushrooms and chickpeas // Foods. – 2023. – Vol. 12 (8). – P. 1564.
14. Wolfer T. L., Acevedo N. C., Prusa K. J., Sebranek J. G. Tarté, R. Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax // Meat Sci. – 2018. – Vol. 145. – P. 352-362.
15. ГОСТ 9793-74. Продукты мясные. Методы определения влаги [Текст]. – Введ. 01.01.75. – М.: Стандартинформ, 2010. – 5 с.

16. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции [Текст]. – Введ. 01.01.2012.
17. ТР ТС 034/2013. О безопасности мяса и мясной продукции [Текст]. – Введ. 01.05.2014.
18. ҚР СТ ГОСТ Р 51448-2010 (ИСО 3100-2-88) Ет және ет өнімдері. Микробиологиялық зерттеулер үшін сынамаларды дайындау әдістері [Мәтін]. – Еңгізілген күн. 01.07.2011. – Астана: Мемстандарт, 2015. – 26 б.

Материал редакцияға 27.11.24 түсті, 12.05.25 қабылданды.

К.Ж. Базарбаева[1], А.Д. Пулатова[1],
К.М. Қожамсүгіров[2], С. Алтайулы[2], Г.М. Салхожаева[1]

[1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[2]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

РЕЦЕПТУРА ПРОИЗВОДСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОБОГАЩЕННЫХ ОТРУБЯМИ ПРОСА И ТОЛОКНОМ «ТАРЫ»

Аннотация. В статье изучены качественные характеристики колбасных изделий, произведенных по представленной рецептуре с добавлением в мясной продукт отрубей проса и толокна «тары». Обогащение полукопченых колбас отрубями проса и толокном «тары» выявило возможность получения богатого витаминами высококачественного мясного продукта. По новой технологии изготовлены колбасные изделия путем добавления 5%, 7% отрубей проса и 5%, 7% толокна «тары», исследованы их органолептические, физико-химические, микробиологические показатели и сроки хранения колбас. Установлено, что влажность колбасы с 5% отрубей проса выше, чем у диетической обезжиренной колбасы с 7% отрубей проса, а срок их хранения без вакуума и каких-либо продлевающих срок годности добавок составляет 13 суток. Микробиологический анализ показал отсутствие в изготовленных полукопченых колбасных изделиях посторонних микроорганизмов. По органолептическим и микробиологическим показателям колбасные изделия соответствуют стандартам ГОСТ. Научная новизна и практическая значимость исследования заключается в производстве полезных для организма человека колбасных изделий, а добавление в колбасу отрубей проса и толокна «тары» увеличивает выход колбасных изделий, что свидетельствует о экономической эффективности изготовления данной колбасы в сфере производства продуктов питания.

Ключевые слова: колбаса, отруби проса, толокно «тары», полукопченая колбаса, органолептические показатели, микробиологические показатели.

K.Zh. Bazarbaeva[1], A.D. Pulatova[1],
K.M. Kozhamsugirov[2], S. Altayuly[2], G.M. Salkhozhayeva[1]

[1]L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[2]S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

THE RECIPE FOR THE PRODUCTION OF SAUSAGES ENRICHED WITH MILLET BRAN AND OATMEAL «TARY»

Abstract. The article studies the quality characteristics of sausages produced according to the presented recipe with the addition of millet bran and oatmeal “tary” to

the meat product. The enrichment of semi-smoked sausages with millet bran and oatmeal “tary” revealed the possibility of obtaining a high-quality meat product rich in vitamins. According to the new technology, sausages were made by adding 5%, 7% of millet bran and 5%, 7% of oatmeal “tary”, their organoleptic, physicochemical, microbiological indicators and shelf life were studied. It has been established that the moisture content of sausage with 5% millet bran is higher than that of dietary fat-free sausage with 7% millet bran, and their shelf life without vacuum and any additives that extend the shelf life is 13 days. Microbiological analysis showed the absence of foreign microorganisms in the manufactured semi-smoked sausage products. According to organoleptic and physicochemical indicators, sausages comply with GOST standards. The scientific novelty and practical significance of the study lies in the production of sausages useful for the human body, and the addition of millet bran and oatmeal “tary” to sausage increases the yield of sausages, which indicates the economic efficiency of making this sausage in the field of food production.

Keywords: sausage, millet bran, oatmeal “tary”, semi-smoked sausage, organoleptic indicators, microbiological indicators.

References

1. Altayuly, S. Ösímdík sharuashylyġy önímderín öndíru negízderí [Fundamentals of crop production]. – Almaty: Education, 2016. – 176 p. [in Kazakh].
2. Manap, K.R., Kyzyr, K., Dzhumabekova, G.Sh., Serikkyzy, M.S. Zhartylay ystalġan shūzhyk¸ty öndíru təsílí [Method for producing semi-smoked sausage] // Patent No. 33429 of the Republic of Kazakhstan. 2019. Bull. No. 5. [in Kazakh].
3. Shingisov, A.U., Orazaliuly, N., Kobzhasarova, Z.I. K¸ūramy sūyyk¸ tütínsíz preparat polifitokomponentpen bayytylġan zhartylay keptírílgen shūzhyk¸ öndírísíníň ədísí [Method for producing semi-dried sausage enriched with a liquid smokeless preparation polyphytocomponent] // Patent No. 30303 of the Republic of Kazakhstan. 2015. [in Kazakh].
4. Senchenko, B.S., Rogov, I.A., Zabashta A.G. Tekhnologicheskiy sbornik retseptur kolbasnykh izdeliy i kopchenostey [Technological collection of recipes for sausage products and smoked products]. – Rostov n/D: Publishing center "MarT", 2001. – 864 p. [in Russian].
5. Dolgushina, V.P., Yermokhin, V.G., Uglov, V.A., Vol'f, T.T., Boroday, Ye.V., Perfil'yeva, S.N., Inerbayeva, A.T. Sposob izgotovleniya polukopchenoy kolbasy s bioaktivirovannym zernom pshenitsy [Method for the production of semi-smoked sausage with bioactivated wheat grain] // Patent No. 2547715 RF. 2015. Bulletin No. 13. [in Russian].
6. Mishra B.P., Mishra J., Paital B., Rath P.K., Jena M.K., Reddy B.V.V., Pati P.K., Panda S.K., Sahoo D.K. Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review // Front Nutr. – 2023. – Vol. 10. – P. 1275341.
7. GOST 16351-86. Kolbasy polukopchenyye. Tekhnicheskiye usloviya [Semi-smoked sausages. Specifications.]. – Introduced 01.01.88. – M.: Standartinform, 2009. – 12 p. [in Russian].
8. Herrero A.M., Merino E., Muñoz-González I., Ruiz-Capillas C. Oil-in water vegetable emulsions with oat bran as meat raw material replacers: compositional, technological and structural approach // Foods. – 2023. – Vol. 12 (1). – P. 40.
9. Yadav S., Pathera, A. K., Islam R. U., Malik, A. K., Sharma, D. P. Effect of wheat bran and dried carrot pomace addition on quality characteristics of chicken sausage // Asian-Australas J Anim Sci. – 2017. – Vol. 31 (5). – P. 729-737.

10. Zinina O., Merenkova S., Tazeddinova D., Rebezov M., Stuart M., Okuskhanova E. Enrichment of meat products with dietary fibers: a review // Agron Res. – 2019. – Vol 17 (4). – P. 387-396.
11. Kutsova A.Ye., Kutsov S.V., Sergiyenko I.V., Lyutikova A.O. Ispol'zovaniye ovsyanogo tolokna v tekhnologii produktov funktsional'nogo naznacheniya [Use of oat flour in the technology of functional products] // Bulletin of Food Products Technology. – 2015. – No. 2. – P. 23-27. [in Russian].
12. Herrera-Balandrano D.D., Báez-González J.G., Carvajal-Millán E., Méndez-Zamora G., Urías-Orona V., Amaya-Guerra C.A., Niño-Medina G. Feruloylated arabinoxylans from nixtamalized maize bran byproduct: a functional ingredient in frankfurter sausages // Molecules. – 2019. – Vol. 24 (11). – P. 2056.
13. Mazumder MA.R., Sujintonniti N., Chaum P., Ketnawa S., Rawdkuen S. Developments of plant-based emulsion-type sausage by using grey oyster mushrooms and chickpeas // Foods. – 2023. – Vol. 12 (8). – P. 1564.
14. Wolfer T. L., Acevedo N. C., Prusa K. J., Sebranek J. G. Tarté, R. Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax // Meat Sci. – 2018. – Vol. 145. – P. 352-362.
15. GOST 9793-74. Produkty myasnyye. Metody opredeleniya vlagi [Meat products. Methods for determining moisture]. – Introduced. 01.01.75. – Moscow: Standartinform, 2010. – 5 p. [in Russian].
16. TR CU 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii [On the safety of food products]. – Introduced. 01.01.2012. [in Russian].
17. TR CU 034/2013. O bezopasnosti myasa i myasnoy produktsii [On the safety of meat and meat products]. – Introduced. 01.05.2014.
18. KR ST GOST R 51448-2010 (ISO 3100-2-88) Yet zhəne yet önímderí. Mikrobiologiyalyk¸ zertteuler üshín synamalardy dayyndau ədísterí [Meat and meat products. Methods for preparing samples for microbiological studies]. – Introduced. 01.07.2011. – Astana: Memstandart, 2015. – 26 p. [in Kazakh].

ҒТАМР 65.59.31

Я.М. Узаков[1] – *негізгі автор*,
А.Н. Есенгазиева[2], **М.О. Кожахиева**[3],
Г.К. Кузембаева[4], **М.Ә-А. Қалдарбекова**[5], **А.Н. Тортай**[6]

©

[1]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [2]PhD, ассистент-профессор, [3,5]PhD, қауымдас. профессор м.а., [4]Техн. ғылым.канд. қауымдас. профессор, [6]Докторант

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0001-2878-7170 [2]https://orcid.org/0000-0003-2314-2995 [3]https://orcid.org/0000-0001-5767-5154 [4]https://orcid.org/0000-0003-0558-9531 [5]https://orcid.org/0000-0002-0103-307X [6]https://orcid.org/0009-0008-0756-2766*

[1,2,3,4,5,6]Алматы технологиялық университеті,

Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]aesengazy@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/RNQY1919

ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚ ӨНДІРІСІНДЕ АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗАТТАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Планета халқының өсуімен тұрақты азық-түлік жүйелерін дамыту қажеттілігі туындайды. Перспективалы шешімдердің бірі – тағамдық ақуыздардан бөлінетін биоактивті пептидтер. Бұл молекулалар функционалды тағамның ажырамас бөлігі бола алады, қант диабеті, жүрек-қан тамырлары патологиясы және қатерлі ісік сияқты көптеген аурулардың алдын алуға және емдеуге ықпал етеді. Ақуыз гидролизаттарының in vitro биоактивті қасиеттері туралы қарқынды зерттеулерге қарамастан, мұндай қосылыстардың тамақ өнеркәсібінде практикалық қолданылуы әлі де жақсы зерттелмеген. Бұл жұмыста гидролизаттарды тамақ өнімдеріне біріктіру мүмкіндіктері қарастырылады, сонымен қатар өңдеу және сақтау жағдайларының олардың қасиеттеріне әсері бағаланады.

Тірек сөздер: пісірілген шұжық, ақуыз гидролизаты, ет өнімдері, пептидтер, функционалды тамақтану.

Узаков, Я.М. Пісірілген шұжық өндірісінде ақуыз гидролизаттарын қолданудың инновациялық әдістері [Мәтін] / Я.М. Узаков, А.Н. Есенгазиева, М.О. Кожахиева, Г.К. Кузембаева, М.Ә-А. Қалдарбекова, А.Н. Тортай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.24-32. https://doi.org/10.55956/RNQY1919

Кіріспе. Ақуыз гидролизаттары – бұл тамақ протеазаларының әсерінен кейін бөлінетін пептидтердің жиынтығы (мысалы, субтилизин, трипсин, флаворцим, нейтраза, папаин және т.б.). Пептидтер аминқышқылдарының қысқа тізбегі болып табылады, әдетте ұзындығы 2-ден 20 қалдыққа дейін. Тағамдық ақуыздың көзі кез-келген шығу тегі болуы мүмкін (сүт, балық, жәндіктер, көкөністер және т.б.), ал протеазалар бұл процесте, әдетте, микробтық, жануарлардан немесе өсімдіктерден алынуы мүмкін. Протеазаның белсенді орны оның субстрат ерекшелігін, яғни гидролиз жүретін орынды анықтайды [1]. Қолданылатын протеазаны таңдаудың

принципті маңызы бар, өйткені ол гидролиз дәрежесін және бөлінетін пептидтердің профилін анықтайды [2]. Биоактивті пептидтерді алу үшін ақуыздарды таңдауда көптеген факторлар ескеріледі:

– ақуыздың құрамы: әрбір ақуызда белгілі бір реттілікпен байланысқан және белгілі бір құрылымдардың түзілуіне әкелетін белгілі бір аминқышқылдарының мөлшері болады;

– ревалоризация: егер бұл өндірістік процестің жанама өнімі болса (мысалы, сарысу) немесе трансформация арқылы қайта пайдалануға болатын коммерциялық құндылығы жоқ өнім болса (мысалы, балық қалдықтары);

– қоршаған ортаға әсері: азық-түлік өнімін немесе ақуыз көзін өндіру, сондай-ақ ақуыз концентратын немесе изолятты алу үшін қажет болса, оны алу арқылы қоршаған ортаға әсерін ескеру қажет;

– әлеуметтік-экономикалық әсер: мұнда дәстүрлерді ұстану (мысалы, жәндіктерді жеуге құлықсыздық), жануарлардың әл-ауқаты (жануардың орнына өсімдік тағамына көшудің өсіп келе жатқан тенденциясы), еңбек қауіпсіздігі (өндірістегі жарақат), жұмыс орындарын құру (жұмыссыздық деңгейіндегі айырмашылық), жаңа технологияларды дамыту және т.б. [3].

Гидролиз реакциясы пептидтік байланыстардың үзілуінен тұрады, олардың қасиеттері әр пептидті құрайтын аминқышқылдарының қасиеттеріне, сондай-ақ оның тізбектегі орнына байланысты өзгеруі мүмкін әртүрлі өлшемдегі пептидтік тізбектердің бөлінуі [4]. Осылайша, бір субстраттан түзілетін пептидтердің жиынтығы әртүрлі болады және ақуыздың ферментативті өңделуіне байланысты әртүрлі қасиеттерді көрсетеді. Ақуыздардың мұндай модификациясы олардың технологиялық (ерігіштігінің өзгеруіне әкеледі, эмульгирлеуші қабілеттілік және т.б.) және биологиялық қасиеттері, олар туралы кейінірек талқыланады.

Тағамдық деңгейде ақуыздың кішірек пептидтік фрагменттерге ыдырауы оның сіңімділігін арттырады [5] және жоғалтуға әкеледі антигенділік, иммунореактивтілікті төмендете отырып нативтік ақуыз [6]. Қосымша артықшылығы мынада, егер реакция шарттары орындалса (қалыпты температура, әдетте 40-тан 60°C-қа дейін және pH, шамамен 7-9) тағамдық құндылығы жоғалмайды, бұл негізінен алмастырылмайтын аминқышқылдары үшін маңызды. Дегенмен, пептидтер гидрофобты қалдықтардың әсерінен жиі ащы дәмге ие болады, бұл оларды тауар ретінде тұтынуға арналған тағамдық матрицаның бөлігі ретінде пайдалану кезінде технологиялық кемшілік болуы мүмкін. Ащылықты жағымды дәмі бар ингредиенттерді қосу арқылы азайтуға болады, инкапсуляциялар тартымды немесе кем дегенде бейтарап сенсорлық сипаттамалары бар матрицаларға немесе дәмнің дамуына ықпал ететін протеазаларды қосу арқылы (мысалы, Flavourzyme®), дегенмен бұл жаңа пептидтердің түзілуін болжайды [7].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу үшін модель ретінде пісірілген шұжық өнімдері алынды. Сынақ үлгілеріне ақуыз гидролизатының әртүрлі концентрацияларын қосу арқылы олардың шұжық өнімдерінің сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Зертханалық зерттеулер Ресей Ғылым академиясы «В.М. Горбатов атындағы тағам жүйелерінің ФҒО» (ФМБҒМ Мәскеу қ., РФ) және Алматы технологиялық университетінің «Тағам қауіпсіздігі» аккредиттелген зертханасында жүргізілді. Физика-химиялық көрсеткіштерді анықтау үшін келесі стандарттар қолданылды:

– ылғалдылықтың массалық үлесі, МЕМСТ 9793-2016;

– ақуыздың массалық үлесі, МЕМСТ 25011-2017 (6 тармақ)

– жалпы фосфор (Р) МЕМСТ 9794-2015 (8 тармақ);
– тиобарбитурлық саны МЕМСТ Р 55810-2013;
– қышқылдылық саны МЕМСТ Р 55480-2013;
– пероксид саны МЕМСТ 34118-2017;
– бірөлшемді электрофорез әдісімен үлгілердің ақуыздық фракцияларының молекулалық салмағының таралуын талдау.

Жұмыстарды орындау барысында келесі жұмыстар орындалды:
– тәжірибелік үлгідегі пісірілген шұжық өнімдерін дайындау;
– зертханаға дайындық;
– зертханалық әдістерді анықтау;
– нәтижелерді салыстыру.

Сынақ үлгілері ретінде келесі өнімдер алынды:
– 1-үлгі ретінде бақылау үлгісі пісірілген шұжық өнімі;
– 2-үлгі ретінде 10% ақуыз гидролизаты қосылған пісірілген шұжық өнімі;
– 3-үлгі ретінде 15% ақуыз гидролизаты қосылған пісірілген шұжық өнімі.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Физикалық-химиялық көрсеткіштер.* Пісірілген шұжық өнімдерінің рецептурасы технологиялық талаптарға сәйкес әзірленді. Осы рецептура негізінде үш тәжірибелік үлгі «АТУ» АҚ «Оқу-ғылыми ет өңдеу орталығында» шығарылды. Зерттеу барысында №1 үлгі бақылау ретінде алынды, ал №2 тәжірибелік үлгіге 10% ақуыз гидролизаты, №3 тәжірибелік үлгіге 15% ақуыз гидролизаты қосылып, пісірілген шұжық өнімдері дайындалды.

Сурет 1. Тәжірибелік пісірілген шұжық өнімдерінің үлгілері

Зертханалық зерттеулер жүргізіліп, тәжірибелік үлгілердің ылғалдылықтың массалық үлесі, ақуыз мөлшері, сондай-ақ суда еритін, тұзда еритін және сілтіде еритін ақуыздардың массалық үлесі анықталды және 1-кестеде көрсетілді.

Кесте 1

Физикалық-химиялық көрсеткіштер

Анықталатын көрсеткіштердің атауы	Зерттеу әдістемесіне НҚ	Бақылау №1	10% гидролизат №2	15% гидролизат №3
Ылғалдылықтың массалық үлесі, %	МЕМСТ 9793-2016	72,7±7,3	77,2±7,7	76,2±7,6
Ақуыздың массалық үлесі, %	МЕМСТ 25011-2017 (6 тармақ)	13,91±2,09	12,68±1,90	13,65±2,05
Суда еритін ақуыздар, %	-	1,31	1,34	1,25
Тұзда еритін ақуыздар, %	-	0,58	0,57	0,52
Сілтіде еритін ақуыздар, %	-	11,49	10,07	11,25
Жалпы фосфор (Р)	МЕМСТ 9794-2015 (8 тармақ)	0,236±0,014	0,197±0,012	0,223±0,014
Тиобарбитур саны (0 тәулік), %	МЕМСТ Р 55810-2013	0,039-дан аз	0,039-дан аз	0,039-дан аз
Тиобарбитур саны (6 тәулік), %	МЕМСТ Р 55810-2013	0,055±0,006	0,048±0,005	0,042±0,004
Тиобарбитур саны (10 тәулік), %	МЕМСТ Р 55810-2013	0,590±0,041	0,417±0,042	0,156±0,016
Қышқылдық саны (0 тәулік), мгКОН/г	МЕМСТ Р 55480-2013	2,5±0,2	3,2±0,2	3,4±0,2
Қышқылдық саны (6 тәулік), мгКОН/г	МЕМСТ Р 55480-2013	3,2±0,2	4,1±0,3	4,0±0,3
Қышқылдық саны (10 тәулік), мгКОН/г	МЕМСТ Р 55480-2013	4,4±0,3	4,6±0,3	4,9±0,3
Пероксид саны (0 тәулік), мэкв/кг	МЕМСТ 34118-2017	4,1±0,4	4,5±0,5	4,1±0,4
Пероксид саны (6 тәулік), мэкв/кг	МЕМСТ 34118-2017	4,5±0,5	5,0±0,5	5,2±0,3
Пероксид саны (10 тәулік), мэкв/кг	МЕМСТ 34118-2017	9,8±0,5	8,1±0,4	9,5±0,5

1-кестеде сонымен қатар жалпы фосфордың мөлшері, тиобарбитур саны, қышқылдылық саны, пероксид саны анықталды.

Тиобарбитур саны өнімде қайталама өнімдер (альдегидтер, кетондар) жинақталған кезде тотығудың кеш сатыларын көрсетеді.

Қышқыл саны майдың ыдырау дәрежесін көрсетеді, яғни бос май қышқылдарының және сілтімен титрленген басқа заттардың (олеин қышқылы бойынша) құрамын сипаттайды. Майлардың гидролизі кезінде қышқылдық мөлшері артады.

Пероксид – бұл майлар мен майлардың тотығу дәрежесін өлшеу үшін ең көп қолданылатын талдау, оның мәні тотығу қышқылдығын немесе майдың тотығу дәрежесін өлшейді, бірақ оның тұрақтылығын емес. Пероксид саны тотығудың бастапқы сатысында өседі, бірақ пероксидтер ыдырағанда азаяды.

Тиобарбитур саны, қышқыл саны, пероксид саны төмен көрсеткіш көрсету ол – өнімнің балғындығы мен жоғары сапаны көрсетеді. Ал бұл көрсеткіштердің жоғарылауы, гидролиз және тотығу процестеріне байланысты өнім сапасының нашарлауын көрсетеді.

Жоғарыда аталған көрсеткіштер бұл – тамақ өнеркәсібінде сапаны бақылауға және қауіпсіз және жаңа өнімдерді таңдауға көмектеседі.

Ылғалдылықтың массалық үлесі бақылау үлгісі 72,7%, 10% гидролизат қосылған үлгі 77,2%, 15% гидролизат қосылған үлгі 76,2% көрсетті. Алынған нәтижелер бойынша гидролизат қосылған үлгілерде ылғалдылықтың массалық үлесі жоғары. Бұл ақуыз гидролизатының су ұстап тұру қабілетінің жақсы екенін көрсетеді.

Ақуыздың массалық үлесі бақылау үлгісі 13,91%, 10% гидролизат: 12,68%, 15% гидролизат 13,65%. Қорытындылай келе, 10% гидролизат қосылған үлгінің ақуыз мөлшері сәл төмендеген, ал 15% гидролизат қосылған үлгі бақылау үлгісіне жақын деңгейде.

Еритін ақуыздар (суда, тұзда, сілтіде): суда еритін ақуыздар: 10% гидролизатта ең жоғары (1,34%), бірақ барлық үлгілер арасында айырмашылық шамалы.Тұзда еритін ақуыздар: 15% гидролизат қосылған үлгіде төмен (0,52%). Сілтіде еритін ақуыздар: бақылау үлгісі ең жоғары (11,49%), ал 10% гидролизат үлгісі төменірек (10,07%). Талдау нәтижесі еритін ақуыздардың мөлшері гидролизат мөлшеріне байланысты өзгеріп отырады.

Жалпы фосфор (Р). 10% гидролизат қосылған үлгіде фосфор мөлшері төмен болғанымен, 15% гидролизат үлгісі бақылау деңгейіне жақын.

Тиобарбитур саны (0, 6, 10 тәулік). 0 тәулікте барлық үлгілерде 0,039%-дан аз. 6 тәулікте: бақылау үлгісі жоғары (0,055%), ал 15% гидролизат ең төмен (0,042%). 10 тәулікте: бақылау үлгісі жоғары (0,590%), ал 15% гидролизат ең төмен (0,156%). Гидролизат қосылған үлгілер май тотығуына төзімдірек, бұл олардың сақтау тұрақтылығының жоғары екенін көрсетеді.

Қышқылдық саны (мгКОН/г). 0 тәулік: 15% гидролизат ең жоғары (3,4±0,2). 6 және 10 тәулік: 15% гидролизат үлгісінде қышқылдық деңгейі жоғарылайды (10 тәулікте 4,9±0,3). Қышқылдық саны гидролизат мөлшеріне байланысты артады, бұл өнімнің сақтау мерзіміне әсер етеді.

Пероксид саны (мэкв/кг). 0 тәулік: барлық үлгілерде шамамен бірдей (4,1-4,5 мэкв/кг). 6 және 10 тәулік: бақылау үлгісінде пероксид саны жоғары (10 тәулікте 9,8±0,5), ал 10% гидролизат үлгісі төмендеу (8,1±0,4). Гидролизат қосылған үлгілер пероксид санының төмендеуіне ықпал етеді, бұл өнімнің тотығуға төзімділігін арттырады.

Ақуыз гидролизатын қосу шұжық өнімдерінің ылғалдылықты ұстап тұру қабілетін жақсартады, майлардың тотығуын баяулатады және олардың сақтау тұрақтылығын арттырады. 15% гидролизат қосылған үлгі тотығуға төзімділік пен тұрақтылық бойынша жақсы нәтижелер көрсетті.

Қышқылдық пен тотығу көрсеткіштерін бақылау арқылы өнімнің сақтау мерзімін ұзартуға болады.

Бірөлшемді электрофорез әдісімен үлгілердің ақуыздық фракцияларының молекулалық салмағының таралуын талдау. Сынамаларды дайындау. 100 мг үлгі алынды және 2000 мкл гомогенизацияланды лизирлеуші ерітіндінің (ерітіндінің) 9 М мочевина, 5% меркаптоэтанол, 2% тритон Х-100, 2% амфолиндер бастап pH 3-10). Алынған ерітінді гомогенизатордың көмегімен гомогенизацияланды Stegler S10 8000 айн/мин жылдамдықпен 5 минут ішінде, әрі қарай гомогенат центрифугада 20 минут бойы 14000 айн/мин жылдамдықпен центрифугалау арқылы тазартылды Eppendorf 5427 R. Супернатант бөлінген және 1-ден 1-ге дейінгі пропорцияда ақуыз буферімен араластырылған, оны дайындау үшін пробиркаға 5 мл-ге 1 мл 10 енгізілген % додецил сульфаты натрий (SDS), 250 мкл

концентрацияланған β-меркаптоэтанол, 625 мкл 0,5 М Трис-HCl және 1,5 г мочевина. Содан кейін қосылды бромфенолды көк түс күңгірт түске боялғанша және сумен 5 мл көлеміне дейін жеткізілді. Әрі қарай, ақуыз буфері бар сынамалар қайнаған су моншасында 5 минут бойы қыздырылды.

Полиакриламидті гельдегі бір өлшемді электрофорез. Тік гельдік электрофорезді жүргізу үшін камера қолданылды (Хеликон, Ресей) және оны 12,5% полиакриламидті гельмен толтырды. Оның үстіне 6% гель құйылды, оған үлгілерді енгізу үшін шұңқыр жасалды. Зерттеу үлгісі 10 мкл мөлшерінде енгізілді. Буфер ретінде құрамында 25 мМ трис-HCl, 192 мМ глицин және 0,1% SDS бар ерітінді қолданылды. Электрофорез келесі параметрлерде жүзеге асырылды: алғашқы 30 минут – 60 В және одан әрі 120 В, бояғыштың алдыңғы жағы (бромфенол көк) гель плиталарының төменгі жиегіне жеткенше.

Бейнелерді визуализациялау және талдау. Ақуыздарды бояу Кумасси G-250 келесі құрамдағы ерітіндіде жүргізілді: 10% сірке қышқылы, 25% изопропанола, 0,05% кумасси G-250. Байланыстырылмаған бояуды кетіру үшін 10%-дық сірке қышқылы пайдаланылды.

Компьютерлік денситометрияны жүргізу үшін ылғалды болған бір өлшемді электрофореграммалар қолданылды. Олардың толық сандық кескіндері 600 dpi 2D-RGB режимінде Bio-5000 Plus (Serva, Германия) сканері арқылы алынды. Алынған сандық кескіндер графикалық редакторда өңделді.

Нәтижелер. Үлгіні зерттеу нәтижесінде алынған электрофорограммалар, 2-суретте көрсетілген.

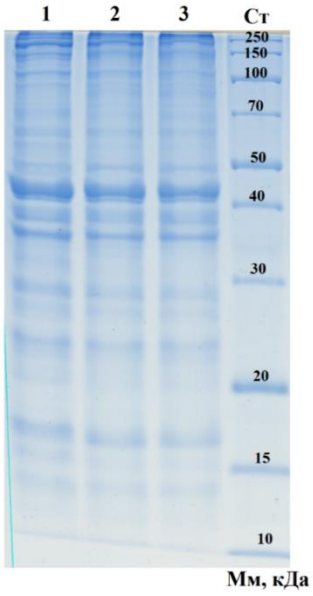
Шартты белгілер:

Ст – Молекулалық салмақ стандарты: 250, 150, 100, 70, 50, 40, 30, 20, 15 және 10 кДа (жоғарыдан төменге).

1 – пісірілген шұжық бақылау

2 – ақуыз гидролизаты қосылған пісірілген шұжық (10 %)

3 – ақуыз гидролизаты қосылған пісірілген шұжық (15 %)



Сурет 2. Бір өлшемді электрофорограмма пісірілген шұжық үлгілерінің (боялуы кумасси G-250)

Үлгілерде молекулалық массалардың барлық диапазонында ақуыз фракцияларының кең спектрі байқалады, негізгі құрылымдық ақуыздар бар. Бақылау және тәжірибелік үлгілер №2, №3 арасында айтарлықтай айырмашылықтар табылған жоқ. НАДН дегидрогеназа (15,5 кДа), цистеин мен глицинге бай ақуыз 3 (20,9 кДа), миозенин-1 (31,6 кДа), нуклеобиндин-1 (54,9 кДа), альфа-1 (II) коллаген тізбегі (141,8 кДа) болуы мүмкін ақуыз фракцияларын қоспағанда, ең айқын көрінеді бақылау үлгісінде.

Сондай-ақ, миозиннің ең айқын ақуыз жолақтарын атап өтуге болады-10 (229,0 кДа), коллаген альфа тізбектері (172,2 кДа, 160,4 кДа, 149,1 кДа, 93,6 кДа, 46,3 кДа), дәстүрлі емес миозин-VI (149,6 кДа), тромбоспондин-4 (105,9 кДа), протромбин (70,5 кДа), ақуыз жылу (70,2 кДа), эластин (64,2 кДа), фибриноген гамма-В тізбегі (50,2 кДа), тубулиннің альфа-1D тізбегі (50,2 кДа), фибулинв-5 (50,1 кДа), проларгин (43,6 кДа), фибромодулин (43,0 кДа), кератин (43,8 кДа), актин (41,7 кДа), хондроадгерин (40,8 кДа), люмикан (38,7 кДа), катепсин К (36,9 кДа), протеазоманың бета суббірліктері (29,9 кДа), интерлейкин-6 (23,7 кДа), прокинетицин-2 (14,2 кДа).

№2 және №3 үлгілерді салыстыру кезінде фракциялар арасындағы көрінетін айырмашылықтар, жаңа ақуыз жолақтарының болмауы немесе болуы табылмады.

Қорытынды. Жұмыстың нәтижелері бойынша, ақуыз гидролизатының пісірілген шұжық өнімдерінің сапасына әсерін зерттеу кезінде айтарлықтай өзгерістер байқалды. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген физика-химиялық көрсеткіштер бойынша жинақталды, оның ішінде ылғалдылықтың массалық үлесі мен ақуыздың мөлшері ерекше назар аударуды қажет етеді. Гидролизат қосылған үлгілерде ылғалдылықтың жоғарылау тенденциясы байқалады, бірақ ақуыздың массалық үлесі біршама төмендеген. Бұл нәтижелер, гидролиз процесі кезінде ақуыздардың құрылымдық өзгерістеріне әкелетінін және олардың сіңімділігін арттыратынын көрсетеді.

Сонымен қатар, пісірілген шұжықтағы суда еритін, тұзда еритін және сілтіде еритін ақуыздардың массалық үлесі гидролизат қосылған үлгілерде азайғаны байқалады. Бұл көрсеткіштер, ақуыз гидролизатының шұжықтың құрамындағы ақуыз фракцияларының таралуына әсер еткенін айқындайды.

Тиобарбитур, қышқылдық және пероксид санының төмендеуі, сондай-ақ осы көрсеткіштердің тұрақты деңгейде сақталуы, зерттелген үлгілердің сақтау сапасының жоғары екенін көрсетеді. Бұл өнімдердің балғындығын және жоғары сапасын сақтауға көмектесетін маңызды индикаторлар.

Бірөлшемді электрофорез әдісімен ақуыз фракцияларының молекулалық салмағын зерттеу нәтижелері бойынша пісірілген шұжықтағы ақуыз фракцияларының кең спектрі көрсетілді, алайда гидролизат қосылған үлгілерде айтарлықтай айырмашылықтар байқалмады. Бұл гидролизаттың қосылуы ақуыз фракцияларының құрылымын өзгертіп, оның технологиялық қасиеттеріне әсер етуі мүмкін екендігін айғақтайды.

Жалпы алғанда, ақуыз гидролизатының қосылуы пісірілген шұжық өнімдерінің сапасын арттыруға мүмкіндік береді, оның ішінде өнімнің сіңімділігі, сапасы және сақтау мерзімі жақсарады. Бұл зерттеу нәтижелері тағам өндірісінде инновациялық тәсілдерді енгізуге және өнімнің функционалды сипаттамаларын жақсартуға ықпал ететін негіз қалауда маңызды рөл атқарады.

Әдебиеттер тізімі

1. Chew L.Y., Tan W.T., Ong W.K. Protein Hydrolysates in Functional Foods // Functional Foods Journal. – 2019. – Vol. 34. – P. 123-138.
2. Cruz-Casas J.A., Martinez-Maqueda D., Recio I. Bioactive Peptides and Their Applications // Food Science and Nutrition. – 2021. – Vol. 12. – P. 45-59.
3. Tavano O.L., Silva S.M., Ribeiro C. Enzymatic Hydrolysis of Proteins // Journal of Enzymology. – 2018. – Vol. 15. – P. 89-102.
4. Baiano A. Sustainability in Food Systems // Advances in Food Research. – 2020. – Vol. 44. – P. 67-80.
5. Varela-Ortega C., Fereres E., Gomez L. Socio-Economic Impacts of Food Production // Journal of Food Economics. – 2021. – Vol. 18. – P. 12-26.
6. Acquah C., Kowalski R., Lee J. Functional Properties of Hydrolyzed Proteins. – Proteins in Food Systems. – 2019. – Vol. 7. – P. 101-115.
7. 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.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландырады (AP19680380 «Жануар текті құрам бөліктерді – коллагеннің пептидті гидролизаттарын алу технологиясын әзірлеу және олардың негізінде функционалды ет өнімдерін жасау»).

Материал редакцияға 15.01.25 түсті, 06.05.25 қабылданды.

Я.М. Узаков[1], А.Н. Есенгазиева[1], М.О. Кожахиева[1], Г.К. Кузембаева[1], М.Ә-А. Қалдарбекова[1], А.Н. Тортай[1]

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

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАРЕНОЙ КОЛБАСЫ

Аннотация. С ростом численности населения планеты возникает острая необходимость разработки устойчивых систем продовольственного обеспечения. Одним из перспективных решений являются биоактивные пептиды, выделяемые из пищевых белков. Эти молекулы могут стать неотъемлемой частью функциональных продуктов питания, способствуя профилактике и лечению широкого спектра заболеваний, включая диабет, сердечно-сосудистые патологии и рак. Несмотря на интенсивные исследования биоактивных свойств белковых гидролизатов in vitro, практическое применение таких соединений в пищевой промышленности остается недостаточно изученным. В данной работе рассматриваются возможности интеграции гидролизатов в пищевые продукты, а также оценивается влияние условий обработки и хранения на их свойства.

Ключевые слова: вареная колбаса, белковые гидролизаты, мясные продукты, пептиды, функциональное питание.

Y.M. Uzakov[1], A.N. Yessengaziyeva[1], M.O. Kozhakhiyeva[1], G.K. Kuzembayeva[1], M.A-A. Kaldarbekova[1], A.N. Tortay[1]

[1]*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

INNOVATIVE METHODS OF USING PROTEIN HYDROLYSATES IN THE PRODUCTION OF BOILED SAUSAGE

Abstract. With the growing global population, there is an urgent need to develop sustainable food supply systems. Bioactive peptides isolated from food proteins are one of the promising solutions. These molecules can become an integral part of functional foods, contributing to the prevention and treatment of a wide range of diseases, including diabetes, cardiovascular diseases and cancer. Despite intensive studies of the bioactive properties of protein hydrolysates in vitro, the practical application of such compounds in the food industry remains poorly understood. In this paper, the possibilities of integrating hydrolysates into food products are considered, and the influence of processing and storage conditions on their properties is evaluated.

Keywords: boiled sausage, protein hydrolysates, meat products, peptides, functional nutrition.

ҒТАМР 65.53.33

Н.А. Умбеталиев[1] – *негізгі автор,*
Г.К. Күзембаева[2], Қ. Күзембаев[3], М. Маханов[4]

[1]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [2,3,4]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-6237-3943 [2]https://orcid.org/0000-0003-0558-9531*
[3]https://orcid.org/0000-0002-0535-3839 [4]https://orcid.org/0000-0002-1490-3388

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

@ *[1]nuhtar.u@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XGLP1394

ҚАУЫН ӨНІМІН КЕПТІРУ ЖОЛДАРЫН НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа. Мақалада жылжымалы күн кептіру қондырғысын пайдалана отырып, бақша және жеміс-көкөніс дақылдарын бастапқы өңдеудің инновациялық тәсілдері қарастырылады. Негізгі назар өнім сапасын сақтауды, өнім шығынын азайтуды және өндіріс құнын төмендетуді қамтамасыз ететін энергияны үнемдейтін кептіру технологиясын әзірлеуге және енгізуге бағытталған. Өнімнің массасының, кептіру уақытының және органолептикалық қасиеттерінің өзгеруін қоса, қауын тіліктерінің кептіру процесіне зерттейтін жұмыстың эксперименттік бөлігі ұсынылған. Эксперимент зертханалық жағдайда инфрақызыл ИҚ-1 кептіру жабдықтарында жүргізілді. Мақалада сонымен қатар жылжымалы күн кептіру қондырғысының құрылымдық ерекшеліктері, соның ішінде күн коллекторларын, төрт сөрелі кептіру камерасын және табиғи желдету жүйелерін пайдалану қарастырылады. Қондырғы тек күн энергиясымен жұмыс істейді, бұл жанармай шығындарын жояды және қоршаған ортаға әсері азаяды. Экономикалық бағалау көрсеткендей, дамыған технология фермалар үшін өнімнің қол жетімділігі мен тартымдылығын арттыра отырып, қайта өңдеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Ұсынылған инновациялар фермерлік және шаруа қожалықтарын қоса алғанда, Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенін дамытуға бағытталған және ішкі және сыртқы нарықтарда ауыл шаруашылығы өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді. Жылжымалы күн кептіру қондырғысын енгізу шикізат шығынын азайтуға, фермерлердің кірістерін арттыруға және ауылдық аймақтардың тұрақты дамуына ықпал етеді.

Тірек сөздер: жылжымалы кептіргіш, бақша дақылдары, энергия тиімділігі, инновация, бастапқы өңдеу, өнімді кептіру, тұрақты даму.

Умбеталиев, Н.А. Қауын өнімін кептіру жолдарын негіздеу [Мәтін] / Н.А. Умбеталиев, Г.К. Күзембаева, Қ. Күзембаев, М. Маханов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.33-45. https://doi.org/10.55956/XGLP1394

Кіріспе. Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде ауыл шаруашылығы өнімін артық өндіру жағдайында егінді өңдеу және сақтау проблемасының өзектілігін ашады. Жұмыста энергия тиімді технологияларды енгізу қажеттілігін растайтын статистика келтірілген [1,2]. Жылжымалы күн

кептіргіштерінің өнім шығынын азайтудағы және өнім сапасын жақсартудағы рөлі ерекше атап өтіледі.

Қазақстанның ауыл шаруашылығы секторы елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде, экономиканы дамытуда және экспорттық потенциалды нығайтуда аса маңызды рөл атқарады. Бұл сектордың маңызды бөлігі ауыл шаруашылығы өнімдерін, соның ішінде бақша және жеміс-көкөніс дақылдарын, сондай-ақ шалғайдағы мал шаруашылығы өнімдерін өңдеу және сақтау болып табылады. Алайда, қазіргі уақытта республиканың ауыл шаруашылығында егінді сақтауға, оны қайта өңдеуге және тұтынушыға жеткізуге байланысты бірқатар жүйелі проблемалар байқалады [3]. Бұл проблемалар әсіресе бақша дақылдарын шамадан тыс өндіру көбінесе өңдеу қуаты мен сақтау технологиясының болмауына байланысты шығындарға әкелетін оңтүстік аймақтарда өткір проблеманың бірі болып табылады [4].

Мысал ретінде Түркістан облысының Мақтаарал ауданындағы жағдайды келтіруге болады, онда 2024 жылы қауын жемісінің өнімділігі гектарына 270 центнерге жетті, ал жиналған егіннің жалпы көлемі 240 мың тоннаны құрады [5,6]. Бұл көрсеткіш маусымның соңына қарай 500 мың тоннаға жетуі мүмкін деп болжануда. Дегенмен, қол жетімді өңдеу және сату технологияларының болмауына байланысты егіннің едәуір бөлігі төмен бағамен сатылды немесе мал азығы ретінде пайдаланылды, бұл фермерлердің әлеуетті пайдасының жоғалуына және өнім сапасының төмендеуіне әкелді. Бұл шығындарды азайтуға қабілетті инновациялық технологияларды енгізу қажеттілігін көрсетеді.

Осындай технологиялардың бірі ауыл шаруашылығы өнімдерін энергиялық тиімді, экологиялық таза және сапалы өңдеуді қамтамасыз ететін жылжымалы күн кептіру қондырғысын қолдану болып табылады. Күн кептіргіштері дәрумендер мен қоректік заттарды сақтауға мүмкіндік береді, өнімнің шаңмен, жәндіктермен және ылғалмен ластануын болдырмайды және оның экспорттық сапасын арттырады. Сонымен қатар, мұндай қондырғылар жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы қайта өңдеу шығындарын азайтуға көмектеседі, бұл әсіресе ресурстары шектеулі шаруа және фермер қожалықтары үшін өте маңызды.

Қазіргі уақытта табиғи ауада кептіру немесе отын кептіргіштерді пайдалану сияқты дәстүрлі кептіру әдістерінің бірқатар маңызды кемшіліктері бар, соның ішінде өнімнің ластануы және жоғары өзіндік құны. Жылжымалы күн кептіргіштерінің жоғарғыдағы әдістерден бірқатар артықшылықтары бар: олар кептіру процесін екі есе жылдам орындайды, отынды қажет етпейді, сыртқы факторлардың әсерін азайтады және өнімнің сақталуының жоғары деңгейін қамтамасыз етеді [7-9]. Бұл қасиеттер күн кептіргіштерін Қазақстанның ауыл шаруашылығын тұрақты дамыту үшін маңызды құрал екенін көрсетеді.

Бұл жұмыстың мақсаты – жылжымалы күн кептіру қондырғысын пайдалана отырып, ауыл шаруашылығы өнімдерін алғашқы өңдеудің инновациялық тәсілдерін зерделеу, оның конструкциясын әзірлеу және техникалық-экономикалық тиімділігіне бағалау жүргізу. Қарастырылып отырған технология елдің агроөнеркәсіптік кешенін модернизациялауға негіз бола алады [10], бұл егін шығынын азайтуға, фермерлердің кірістерін арттыруға және ішкі және сыртқы нарықтардағы ауылшаруашылық өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеудің міндеттеріне ауылшаруашылық өнімдерін өңдеу мен сақтаудың қолданыстағы әдістерін талдау, жылжымалы күн кептіргішті

әзірлеу және сынау, сондай-ақ оның фермалардың тиімділігі мен ауылдық жерлердің тұрақты дамуына әсерін бағалау кіреді. Зерттеу нәтижелері фермерлер үшін де, Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенін дамытуға мүдделі мемлекеттік құрылымдар үшін де пайдалы болады.

Бақша және жеміс көкөніс дақылдарын кептіру үшін күн энергиясын пайдалануды зерттеу бағдарламасының негізгі міндеттері:

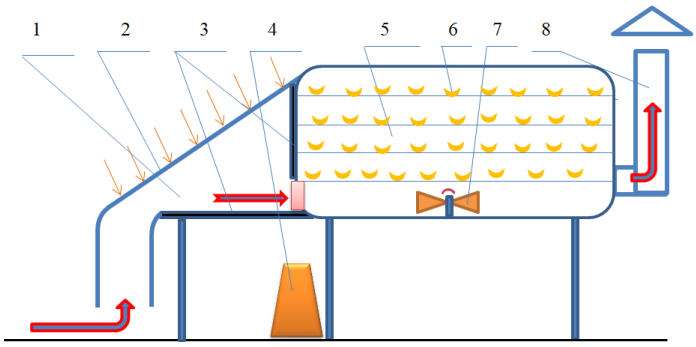
– бақша, жеміс-көкөніс дақылдарын және шалғайдағы мал шаруашылығы өнімдерін кептіру үшін күн энергиясын пайдалану жөніндегі материалдарды зерделеу және талдау;

– бақша, жеміс-көкөніс дақылдары мен шалғайдағы мал шаруашылығы өнімдерін кептіру үшін күн энергиясын пайдалану процесіне теориялық зерттеулер жүргізу;

– шаруа, фермер қожалықтары мен жеке кәсіпкерлер мен қауын, жеміс-көкөніс дақылдарын өсірумен айналысатын халық үшін жылжымалы типтегі күн кептіру қондырғысының негіздемесін жасау [11,12].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысаны жылжымалы күн кептіру қондырғысында кептірілетін бақша дақылдарының бірі (қауын) болып табылады. Тәжірибелер зертханалық жағдайда әр түрлі қалыңдықтағы (1 мм, 4 мм және 7 мм) қауын беттері бар инфрақызыл ИҚ-1 кептіру қондырғысын қолдана отырып жүргізілді. Бұл қалыңдықтың кептіру процесіне, кептіру температурасына, ылғалдылықтың өзгеруіне, кептіру уақытына және тағамның органолептикалық қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік берді.

Ұсынылатын жылжымалы күн кептіру қондырғысы 1-сурет көрсетілген. Кептіргіш жылу энергиясын беруді қамтамасыз ететін күн коллекторларымен жабдықталған.



1 – күн коллекторы; 2 – гелді үлдір; 3 – жылу қабылдайтын беттер; 4 – сұйық жинағы; 5 – кептіру камерасы; 6– өнім жайғастырылған сөрелер; 7 – желдеткіш; 8 – ауа құбыры.

Сурет 1. Күн сәулесімен кептіру қондырғысы

Кептіру камерасының ішінде әрқайсысы 5 кг өнімге арналған төрт сөресі бар (барлығы 20 кг). Камераның ішіндегі жылуды біркелкі таратуға арналған табиғи желдету жүйесі жасалған.

Зертханалық зерттеулерге арналған жабдықтар 2-4-суреттерде көрсетілген:

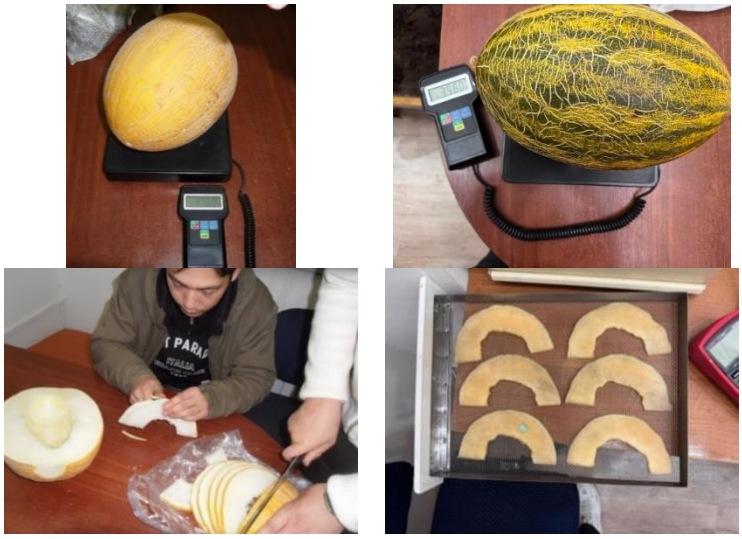
Сурет 2. ИҚ-1маркалы тәжірибелік кептіргіш

Сурет 3. Қауын тілімшелерінің салмағын өлшеуге қолданылған электронды RCS-7040 таразысы

Сурет 4. Терможұптар арқылы қауын массасының ішкі температурасы мен кептіру камерасының ортасындағы температураны өлшеу үшін қолданылған RGK DM-30 цифрлы мультиметр аспабы

Бастапқы шикізат: бір тілімінің салмағы 450-700 г болғын қауыннан қалыңдығы 1 мм, 4 мм және 7 мм етіп бөліктерге кесілген.

Зертханалық зерттеу әдістемесі. Үлгілерді дайындау әдісі 5-суретте көрсетілген. Қауын үш түрлі қалыңдықтағы тілімдерге кесілді: 1 мм, 4 мм және 7 мм. Әрбір тілімдер электронды RCS-7040 таразымен өлшенді.



Сурет 5. ИҚ-1 жылжымалы кептіру қондырғысын қолдана отырып, қауынды кептіруге дайындау процесі

Процесс ИҚ-1 күн кептіру қондырғысында бір жұмыс күні ішінде (10-12 сағат) жүргізілді. Кептіру камерасының ішіндегі температура күн коллекторларының арқасында 33°С-тан 48°С-қа дейін сақталды. Ылғалдылық қауын сынасының ұзақ уақыт сақтауға жарамды деңгейге дейін төмендеді.

Деректерді жинау әдісі. Кептіру процесі барысында әр сағат сайын дайындама массасы, кептіру камерасының ішкі температурасы және қауын жұмсағының ішкі температурасы электронды таразы мен термопараларды қолдану арқылы тіркеліп отырды.

Деректерді талдау әдісі. Алынған мәліметтер өнімнің кептіру жылдамдығын, массасының өзгеруін және температурасын анықтау үшін талданды.

Азық-түлік сапасын бағалауды (түсі, хош иісі, құрылымы, иісі және дәмі) кептіру аяқталғаннан кейін сарапшылар жүргізді. Оңтайлы кептіру жағдайларын анықтау үшін әртүрлі қалыңдықтағы бөліктердің нәтижелері салыстырылды.

Сапаны бағалау әдістемесі:

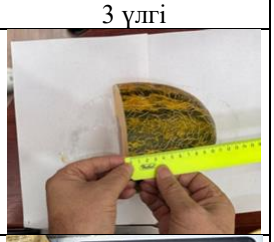
1. Азық-түлік сапасын бағалау: кептіруден кейін қауын бөліктері табиғи түсті, хош иісті және құрылымды сақтау үшін бағаланды.

2. Экономикалық бағалау: әр үлгі үшін кептіру уақытының шығындарын талдау (1 мм, 4 мм, 7 мм). Кептіру шығындары мен соңғы өнімнің сапасына негізделген экономикалық тиімділікті есептеу.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. ИҚ-1 жылжымалы кептіру қондырғысын қолдана отырып, қауынды кептіру эксперименттері келесі нәтижелерге қол жеткізді (1-кесте). Алынған нәтижелердің салыстырмалы бағалауы 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

ИҚ-1 жылжымалы кептіргіш қондырғысын қолдану арқылы қауынды кептіру нәтижелері

Нұсқалар	1 үлгі	2 үлгі	3 үлгі
Қауын тілімінің қалыңдығы, h, мм			
Қауын дайындамасының салмағы, m, гр.			
Дайын өнім – ваккумдалған			

Ескерту – кесте мәліметтері автордың құрастыруымен жасалған

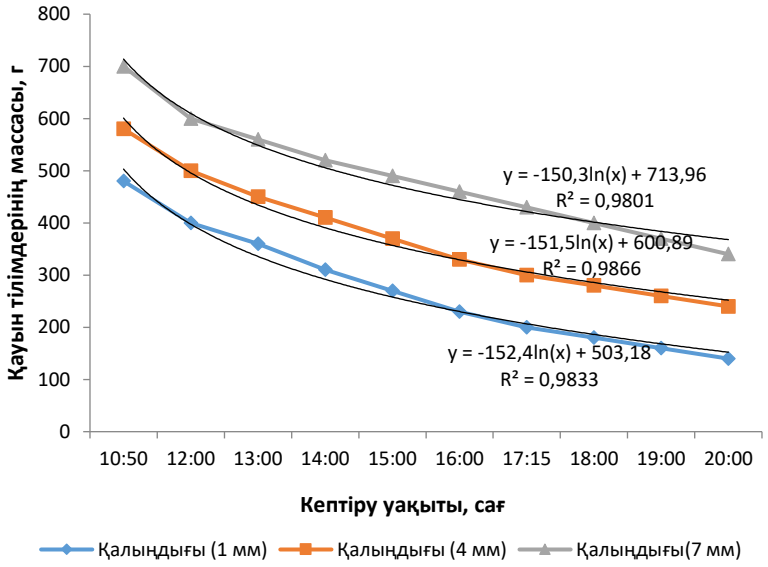
Кесте 2

Алынған нәтижелердің салыстырмалы бағалауы

Нұсқалар	1-үлгі	2-үлгі	3-үлгі
Қалыңдығы, h, мм	1	4	7
Дайындама салмағы, m, гр	450	550	700
Дайын өнім	Қалыңдығы 1 мм дайындама жылдам кебеді, бірақ пішінін жоғалтады да тауарлық сапасы төмен	Қалыңдығы 4 мм дайындама өзінің табиғи түрін және хош иісі мен құрылымын сақтады және сақтауға, тасымалдауға қолайлы екенін көрсетті	Қалыңдығы 7 мм дайындама өзінің түсін сақтайды, бірақ кептіру уақыты тым ұзақ болғандықтан өндірістік тиімділігін төмендетеді

Ескерту – кесте мәліметтері автордың құрастыруымен жасалған

Кептіру процесінде әртүрлі қалыңдықтағы қауын дайындамаларының салмағының өзгергені 6-суретте берілген.



Сурет 6. Кептіру процесінде әртүрлі қалыңдықтағы қауын дайындамаларының массасының өзгеруі

Кептіру процесіндегі температуралық режим. Кептіру камерасындағы температура 33°С-тан 48°С-қа дейін сақталды, ал қауын дайындамаларының ішкі температура біртіндеп көтеріліп, максимум 44°С-қа жетті.

ИҚ-1 кептіру жабдығын қолдана отырып, әр түрлі қалыңдықтағы қауындарды (1 мм, 4 мм, 7 мм) кептіру бойынша жүргізілген тәжірибелер негізінде келесі тұжырымдар жасауға болады:

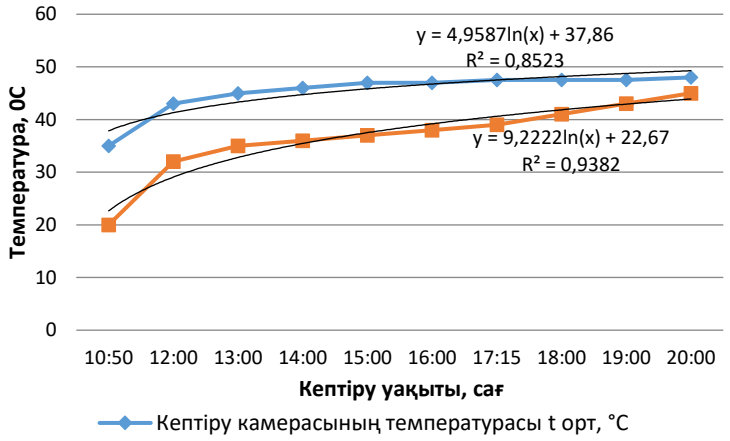
1. Кептірудің оңтайлы қалыңдығы. Қалыңдығы 4 мм қауын дайындамалары жақсы нәтиже көрсетті. Олар табиғи күйін, дәмін, хош иісі мен құрылымын сақтап, оңтайлы уақыт ішінде біркелкі кептіруге қол жеткізді. Бұл режимді жаппай өңдеу және сапалы өнім алу үшін ең қолайлы деп санауға болады.

2. Соңғы өнімнің сапасы. Қалыңдығы 4 мм өнімдер сапаның, кептіру жылдамдығының және органолептикалық қасиеттердің (түс, хош иіс, құрылым) сақталуының оңтайлы үйлесімін көрсетті. Бұл опция тұтынушылардың тартымдылығының жоғары деңгейін қамтамасыз етеді және ұзақ мерзімді сақтауға жарамды.

3. Экономикалық тиімділік. Қалыңдығы 4 мм сыналар 7 мм үлгімен салыстырғанда кептіруге аз уақытты қажет етеді, бұл оларды өңдеуді үнемді етеді. Тым жұқа тілімдер (1 мм) тез кебуіне қарамастан, олардың нарықтық құнын төмендететін сыртқы түрін жоғалтады.

4. Қалыңдықтың кептіру процесіне әсері. Қалыңдығы 1 мм тілімдер басқаларға қарағанда тезірек кебеді, бірақ табиғи күйін жоғалтты. Бұл жұқа бөліктердің механикалық беріктігінің төмендігіне байланысты болуы мүмкін, бұл олардың сатылымына теріс әсер етеді. Қалыңдығы 7 мм тілімдер қанық түс пен пішінді сақтап қалды, бірақ оларды кептіру үшін көп уақыт қажет болды.

Қауын өнімінің массасы мен температурасының өзгеру динамикасы, сондай-ақ ылғалдылық, уақыт және кептіру температурасының өзгеру үдерісі 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7. Қауын ішіндегі және кептіру ортасының температураларының өзгеру динамикасы

График қауынның ылғалдылығы мен кептіру уақыты әртүрлі температурада қалай өзгеретінін көрсетеді. Бұл кептіру процесінің тиімділігін және қажетті ылғалдылық деңгейіне жетудің оңтайлы жағдайларын түсінуге мүмкіндік береді.

Әдістерді қолдану нәтижелері. Әдістерді қолдану қалыңдығы 4 мм қауын дайындамалардың кептіру уақытының, сапаның және экономикалық тиімділіктің оңтайлы үйлесімін қамтамасыз ететіндігін анықтады. Жіңішке тілімдер (1 мм) пішінін жоғалтты, ал қалыңырақ (7 мм) кептіруге көбірек уақыт қажет болды.

Деректерді жинау, өңдеу және талдау әдістері шикізат қалыңдығының кептіру процесіне және соңғы өнімнің сапасына әсерін зерттеуде тиімді екенін дәлелдеді. Бұл шаруа қожалықтары үшін жылжымалы күн кептіру қондырғысын пайдалану мүмкіндігін растайды.

Жылжымалы күн кептіргіштің дизайны, оның негізгі элементтері, соның ішінде кептіру камерасы, күн коллекторлары және желдету жүйесі сипатталған. Қауынды кептіру бойынша зертханалық тәжірибелердің деректері келтірілген, өнімнің ылғалдылығы, температурасы мен массасының өзгеру көрсеткіштері анықталған [13,14]. Технологияның рентабельділігін бағалау үшін техникалық-экономикалық талдау әдістері қолданылды. Алматы технологиялық университетінің зертханасында «Өндірістік процестердің машиналары мен аппараттары» кафедрасында кептіру камерасының жұмыс режимдерін – температура мен кептіру уақытын оңтайландыру бойынша зерттеу жүргізілді.

Келесі аспаптар мен датчиктер ИҚ-1 кептіргішінде кептіру процесін зерттеуде қолданылады [15,16]: «Testo 416 анемометрі» желдету жүйелеріндегі ауа ағынының жылдамдығын және көлемдік ағынды өлшеуге арналған құрал, Testo 324 негізгі жинақ, ылғалдылық анализаторы, электронды таразы 7010 диапазоны (070 кг), DMR-MG4 динамометрі, wile55 ылғалдылық өлшегіш, UNI-T ut332 ылғалдылық және ауа температурасын өлшегіш, CEM AT6 тахометрі, саптамалары бар жүктеме өлшегіш, жүктеме өлшегіш, сандық мегомметр.

Зерттеудің негізгі нәтижелері:

1. Дәстүрлі ашық ауада кептіру әдістерінен айырмашылығы, ұсынылған күн кептіру қондырғысы өнімді шаңнан, жәндіктерден, жауын-

шашыннан және температураның өзгеруінен қорғайды. Бұл оның өнім сапасы жағынан артықшылығын растайды.

2. Отын қондырғыларында кептірумен салыстырғанда, күн кептіру қондырғысы отын шығындарын жояды, өнімнің өзіндік құнын 30-40% төмендетеді.

3. Кептіруге арналған қауын кесектерінің оңтайлы қалыңдығы 4 мм, бұл өнімнің түсін, құрылымын және хош иісін минималды уақыт шығындарымен сақтауға мүмкіндік береді. Бұл опция процестің жылдамдығы мен дайын өнімнің сапасы арасындағы оңтайлы тепе-теңдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

4. Қауын кесектерінің қалыңдығының жылжымалы күн кептіру қондырғысын пайдаланып кептіру процесіне әсерін бағалау жүргізілді.

5. Алынған деректер бақша және жеміс-көкөніс дақылдарының әртүрлі түрлері үшін кептіру параметрлерін оңтайландыруға мүмкіндік береді [17].

6. Әзірленген күн кептіру қондырғысы мобилділігімен, энергия тиімділігімен және қол жетімді құрылымымен сипатталады, бұл оны шағын фермалар мен шаруа қожалықтары жағдайында пайдалануға мүмкіндік береді.

Практикалық құндылық:

– жылжымалы күн кептіру қондырғысын енгізу бақша және жеміс-көкөніс дақылдарының, әсіресе, өнімнің артық өндірілуі байқалатын Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде шығынын едәуір қысқартуы мүмкін [18];

– технология фермерлерге экспорттық сапалы өнімді сату арқылы кірісті арттыруға, сондай-ақ өңдеу мен сақтау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді;

– күн энергиясын пайдалану өнімді экологиялық таза өңдеуге ықпал етеді, бұл тұрақты даму және "жасыл" технологиялар мәселелеріне назар аудару жағдайында өзекті.

Әрі қарайғы зерттеулердің болашағы:

– жидектер, көкөністер мен шөптер сияқты ауыл шаруашылығы өнімдерінің басқа түрлерін кептіру үшін осы технологияны қолдану мүмкіндігін зерттеу;

– өнімділікті арттыру және кептіру процесін автоматтандыру үшін жаңа дизайн шешімдерін әзірлеу.

Қорытынды. Жобаланып әзірленген жылжымалы күн кептіру қондырғысы фермерлер шаруашылықтары үшін инновациялық шешім болып табылады. Ол жоғары тиімділікті, экологиялық қауіпсіздікті және экономикалық қолжетімділікті біріктіреді, бұл оны Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенін дамыту үшін маңызды құралдардың біріне айналатын болады.

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері ауыл шаруашылығында осы технологияны кеңінен қолдану перспективаларын ашады және бақша мен жеміс-көкөніс дақылдарының шығынын азайтады, соымен қатар фермерлердің өнімдерінен алатын кірістілігін арттырады.

Әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасы Президентінің Қазақстан халқына Жолдауы. 1 қыркүйек 2023 жыл [Мәтін]. – Астана: Ақорда, 2023.
2. Umbataliyev N., Smailova G., Toilybayev M., Sansyzbayev K., Koshanova S., Bekmukhanbetova S. Optimization of the technological process of threshing

combine harvester // Engineering technological systems Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol. 4. – No. 1 (124). – P. 104-117.
3. Умбеталиев, Н.А. Қауынды қайта өңдеу жолдарын онтайландыру [Мәтін] / Н.А. Умбеталиев, Г.К. Күзембаева, Қ. Күзембаев, М. Маханов, Е.Д. Шамбулов, С.Ж. Оралбаев, Ж.Т. Сыдыкбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №3(85). – Б.64-75.
4. Химический состав дыни колхозница [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.kz/search/?clid=9582&text=химический+состав+дыни+колхозница&l10n=ru&rdrnd=93789&lr=162&redircnt=1718961448.1.
5. Елисеева, Т. Дыня (лат. Cucumis melo) [Текст] / Т. Елисеева, А. Ямпольский // Журнал здорового питания и диетологии. – 2020. – Т. 3. – №. 13. – С. 26-37.
6. Валяная дыня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dom-eda.com/recepts/item/vjalenaja-dynja.html.
7. Сорта дынь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kp.ru/guide/sorta-dyn.html.
8. Калорийность дыни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kp.ru/family/eda/kalorijnost-dyni.
9. Колебошина, Т.Г. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни [Текст] / Т.Г. Колебошина, Н.Г. Байбакова, Е.А. Варивода, Г.С. Егорова // Известия НВ АУК. – 2020. – №2 (58).
10. Еренова, Б.Е. Научные основы производства продуктов на основе дыни [Текст]: дисс. ... д-р. техн. наук: 05.18.01 / Б.Е. Еренова. – Алматы, 2010. – 389 с.
11. Коломейченко, В.В. Растениеводство [Текст]: учебник / В.В. Коломейченко. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.
12. Шаймарданов, Б.П. Технологические основы и обоснование схемы и параметров средств механизации безотходной переработки плодов дыни [Текст]: дисс. ... д-р. техн. наук: [?].
13. Ергалиев, Ж.Т. [?] / Ж.Т. Ергалиев, Н.А. Умбаталиев // Жас ғалымдардың «Ғылым. Білім. Жастар» республикалық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. – Алматы, 2024. – С. 198-200.
14. Остонакулов, Т.Э. Ковун навларининг куритишга яроклилиги [Текст] / Т.Э. Остонакулов, Х.М. Тилавов, И.Х. Амантурдиев // 0‘zbekiston qishloq xo‘jaligi. – 2018. – № 10. – С. 31-32.
15. Остонакулов Т.Э. Ковун навларини устириш ва куритиш технологиясини такомиллаштириш [Текст]: монография / Т.Э. Остонакулов, Х.М. Тилавов. – Тошкент: Навруз, 2019. – 144 б.
16. Остонакулов Т.Э. Ковун навларини турли куритиш усулларида бахолаш [Текст] / Т.Э. Остонакулов, Х.М. Тилавов, И.Х. Амантурдиев // 0‘zbekiston qishloq xo‘jaligi. – 2018. – № 6 (56). – Б. 39-40.
17. Чориев А.Ж. Экспериментальное исследование способов сушки коллоидно-капиллярно-пористых материалов, на примере дыни [Текст] / А.Ж. Чориев, А.А. Артиков, Х.Ф. Жураев, К.О. Додаев, Ф.Х. Эшматов // Республиканская научно-техническая конференция «Передовые технологии в пищевой промышленности». – Ташкент: ТашХТИ, 2002. – С. 107-110.
18. Киселева, Т.Ф. Технология сушки [Текст]: учебно-методический комплекс. – Кемерово, 2007. – 5-10 с.

Материал редакцияға 07.02.25 түсті, 12.05.25 қабылданды.

Н.А. Умбеталиев[1], Г.К. Кузембаева[1], Қ.К. Кузембаев[1], М. Маханов[2]

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

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ СУШКИ ДЫННОГО ПРОДУКТА

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные подходы к первичной переработке бахчевых и плодоовощных культур с использованием мобильной солнечной сушильной установки. Основное внимание уделено разработке и внедрению энергоэффективной технологии сушки, которая обеспечивает сохранение качества продукции, минимизацию потерь урожая и снижение себестоимости производства. Представлена экспериментальная часть работы, в которой изучалось влияние толщины кусочков дыни (1 мм, 4 мм и 7 мм) на процесс сушки, включая изменения массы, времени сушки и органолептических свойств продукта. Эксперимент проводился на сушильном оборудовании ИК-1 в лабораторных условиях. В статье также рассмотрены конструктивные особенности мобильной солнечной сушильной установки, включая использование солнечных коллекторов, сушильной камеры с четырьмя лотками и системы естественной вентиляции. Установка работает исключительно на солнечной энергии, что исключает затраты на топливо и снижает воздействие на окружающую среду. Экономическая оценка показала, что разработанная технология позволяет сократить затраты на переработку, увеличивая доступность и привлекательность продукции для фермерских хозяйств. Предложенные инновации направлены на развитие агропромышленного комплекса Казахстана, включая фермерские и крестьянские хозяйства, и способствуют повышению конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Внедрение мобильной солнечной сушильной установки будет способствовать снижению потерь урожая, увеличению доходов фермеров и устойчивому развитию сельских регионов.

Ключевые слова: мобильная сушилка, бахчевые культуры, энергоэффективность, инновации, первичная переработка, сушка продуктов, устойчивое развитие.

N.A. Umbetaliev[1], G.K. Kuzembaeva[1], K.K. Kuzembaev[1], M. Makhanov[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Eurasian Technological University, Almaty, Kazakhstan

JUSTIFICATION OF MELON PRODUCT DRYING METHODS

Abstract. The article explores innovative approaches to the primary processing of melons and fruit-and-vegetable crops using a mobile solar drying unit. The main focus is on the development and implementation of an energy-efficient drying technology that ensures product quality preservation, minimizes crop losses, and reduces production costs. The experimental part of the study examined the effect of melon slice thickness (1 mm, 4 mm, and 7 mm) on the drying process, including changes in weight, drying time, and organoleptic properties of the product. The experiment was conducted under laboratory conditions using the IK-1 drying equipment. The article also discusses the design features of the mobile solar dryer, including the use of solar collectors, a drying chamber with four trays, and a natural ventilation system. The unit operates solely on solar energy, eliminating fuel costs and reducing environmental impact. The economic assessment demonstrated that the proposed technology reduces processing costs while increasing the availability and attractiveness of the product for farming enterprises. The

proposed innovations are aimed at advancing Kazakhstan's agro-industrial complex, including farms and peasant households, and contribute to enhancing the competitiveness of agricultural products in domestic and international markets. The implementation of the mobile solar drying unit will help reduce crop losses, increase farmers' income, and promote sustainable development in rural regions.

Keywords: mobile dryer, melons, energy efficiency, innovation, primary processing, drying of products, sustainable development.

References

1. Kˌazakˌstan Respublikasy Prezidentíníň Kˌazakˌstan halkˌyna Žoldauy. 1 kˌyrküjek 2023 žyl [Address of the President of the Republic of Kazakhstan to the people of Kazakhstan. 1 year 2023 year]. – Astana: Korda, 2023. [in Kazakh].
2. Umbataliyev N., Smailova G., Toilybayev M., Sansyzbayev K., Koshanova S., Bekmukhanbetova S. Optimization of the technological process of threshing combine harvester // Engineering technological systems Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Vol. 4. – No. 1 (124). – P. 104-117.
3. Umbetaliev N.A., Kuzembaeva G.K., Kuzembaev K., Makhanov M., Shambulov E.D., Oralbaev S.J., Sydykbaev J.T. Kˌauyndy kˌajta öńdeu žoldaryn ontajlandyru [Optimizing ways to recycle wood] // Mechanics and technologies / Scientific journal. – 2024. – No. 3 (85). – P.64-75. [in Kazakh].
4. Chemical composition of the Kolkhoznitsa melon [Electronic resource]. - Access mode: https://yandex.kz/search/?clid=9582&text=khimicheskiy+sostav+dyni+kolkhoznitsa&l10n=ru&rdrnd=93789&lr=162&redircnt=1718961448.1. [in Russian].
5. Yeliseyeva T., Yampol'skiy A. Dynya (lat. Cucumis melo) [Melon (lat. Cucumis melo)] // Journal of Healthy Nutrition and Dietetics. – 2020. – Vol. 3. – No. 13. – P. 26-37.
6. Valyanaya melon [Electronic resource]. - Access mode: https://dom-eda.com/recepts/item/vjalenaja-dynja.html. [in Russian].
7. Melon varieties [Electronic resource]. - Access mode: https://www.kp.ru/guide/sorta-dyn.html. [in Russian].
8. Melon caloric content [Electronic resource]. - Access mode: https://www.kp.ru/family/eda/kalorijnost-dyni. [in Russian].
9. Koleboshina T.G., Baybakova N.G., Varivoda Ye.A., Yegorova G.S. Sravnitel'naya otsenka novykh sortov i gibridnykh populyatsiy dyni [Comparative assessment of new varieties and hybrid populations of melon] // Izvestiya NV AUK. – 2020. – No. 2 (58). [in Russian].
10. Yerenova, B.Ye. Nauchnyye osnovy proizvodstva produktov na osnove dyni [Scientific foundations of the production of melon-based products]: diss. ... Doctor Of Technical Sciences: 05.18.01. – Almaty, 2010. – 389 p. [in Russian].
11. Kolomeychenko V.V. Rasteniyevodstvo [Plant growing]: textbook. – Moscow: Agribusinesscenter, 2007. – 600 p. [in Russian].
12. Shaymardanov, B.P. Tekhnologicheskiye osnovy i obosnovaniye skhemy i parametrov sredstv mekhanizatsii bezotkhodnoy pererabotki plodov dyni [Technological foundations and justification of the scheme and parameters of the means of mechanization of waste-free processing of melon fruits]: diss. ... Doctor Of Technical Sciences: [?]. [in Russian].
13. Yergaliyev ZH.T., Umbataliyev N.A. [?] // Materials of the Republican Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Ġylym. Bílím. Zhastar» ["Science. Education. Youth"]. – Almaty, 2024. – P. 198-200. [in Kazakh].
14. Ostonakulov T.E., Tilavov KH.M., Amanturdiyev I.KH. Kovun navlarining kuritishga yarokliligi [Melon varieties suitability for drying] // Agriculture of Uzbekistan. – 2018. – No. 10. – P. 31-32. [in Uzbek].

15. Ostonakulov T.E., Tilavov KH.M. Kovun navlarini ustirish va kuritish tekhnologiyasini takomillashtirish [Improving the technology of growing and drying melon varieties]: monograph. – Tashkent: Navruz, 2019. – 144 p. [in Uzbek].
16. Ostonakulov T.E., Tilavov KH.M., Amanturdiyev I.KH. Kovun navlarini turli kuritish usullarida bakholash [Evaluation of melon varieties using various drying methods] // Agriculture of Uzbekistan. – 2018. – No. 6 (56). – P. 39-40. [in Uzbek].
17. Choriyev A.ZH., Artikov A.A., Zhurayev KH.F., Dodayev K.O., Eshmatov F.KH. Eksperimental'noye issledovaniye sposobov sushki kolloidno-kapillyarno-poristykh materialov, na primere dyni [Experimental study of drying methods of colloidal-capillary-porous materials, using melon as an example] // Republican scientific and technical conference “Peredovyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti” [“Advanced technologies in the food industry”]. – Tashkent: TashKHTI, 2002. – P. 107-110. [in Russian].
18. Kiseleva, T.F. Tekhnologiya sushki [Drying technology]: educational and methodological complex. – Kemerovo, 2007. – 5-10 p. [in Russian].

МРНТИ 65.59.29

А.К. Смагулова[1] – *основной автор*,
А.М. Таева[2], **А.Н. Есенгазиева**[3], **Ж.К. Имангалиева**[4]

[1]*Докторант,* [2]*Д-р техн. наук, профессор,* [3,4]*PhD, ассистент-профессор*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-2284-6907* [2]*https://orcid.org/0000-0001-6663-4282*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-2314-2995* [4]*https://orcid.org/0000-0003-3419-7852*

[1]*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан*
[2,3,4]*Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан*

@ [4]*i.zhadra@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/TKGW2792

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЫБНЫХ ЗРАЗ

Аннотация. В исследовании оценено влияние добавления брынзы с укропом и твёрдого сыра на физико-химические и органолептические свойства рыбных зраз. Установлено, что при использовании твёрдого сыра продукт отличается повышенным содержанием белка (21,20%) и жира (9,04%), плотной текстурой и термической устойчивостью. Зразы с брынзой и укропом характеризуются чуть более высокой влажностью (42,38%), сочностью и ярким ароматом, однако демонстрируют повышенное кислотное число жира (5,95 мг КОН/г), что требует особого контроля качества. Органолептическая оценка показала, что каждый вариант обладает специфическими преимуществами: зразы с твёрдым сыром получили более высокие баллы по вкусу (4,8) и консистенции (4,7), а с брынзой – по сочности (4,8) и аромату (4,8). Энергетическая ценность составила 178 ккал/100 г у варианта с сыром и 158 ккал/100 г у варианта с брынзой. Полученные результаты подтверждают перспективность использования данных рецептур и позволяют рекомендовать их для дальнейшей доработки с учётом потребительских запросов.

Ключевые слова: рыбные зразы, брынза, сыр, начинка, жир, белок, сочность, органолептика, текстура, полуфабрикаты.

Смагулова, А.К. Оценка физико-химических и органолептических свойств рыбных зраз [Текст] / А.К. Смагулова, А.М. Таева, А.Н. Есенгазиева, Ж.К. Имангалиева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.46-53. https://doi.org/10.55956/TKGW2792

Введение. Современная пищевая промышленность направлена на создание высококачественных рыбных продуктов, обладающих сбалансированным составом, оптимальными органолептическими характеристиками и высокой пищевой ценностью. Одним из перспективных направлений является разработка рыбных зраз, которые представляют собой формованные полуфабрикаты с начинкой, изготовленные из рубленого рыбного фарша с различными добавками.

Научные исследования показывают, что модификация рецептуры рыбных полуфабрикатов позволяет улучшить их питательную ценность, текстуру и безопасность [1]. Современные подходы к разработке рецептур

предусматривают оптимальное сочетание белков, жиров и углеводов, а также использование функциональных ингредиентов для стабилизации структуры и увеличения срока хранения [2].

Важным направлением является использование новых ингредиентов в составе зраз, таких как молочные продукты, растительные добавки, специи, которые не только улучшают органолептические свойства, но и способствуют сбалансированному питанию. Например, добавление брынзы или твёрдого сыра в начинку позволяет увеличить содержание белка и жира, а использование укропа, грибов или овощей улучшает минеральный и витаминный состав блюда.

При создании инновационных рецептур рыбных зраз важно учитывать физико-химические показатели продукта, включая массовую долю белка, жира, влаги, золы и кислотное число жира, которые определяют качественные характеристики полуфабриката [3]. Эти параметры напрямую влияют на текстуру, стабильность и безопасность продукции, поэтому при разработке новых рецептур необходимо проводить лабораторные испытания с использованием методов, регламентированных ГОСТ.

Рыбные зразы представляют собой популярный вид полуфабрикатов, конструктивно отличающихся наличием начинки, заключённой в оболочку из рыбного фарша. Преимуществами данного изделия являются высокая пищевая ценность, технологическая универсальность и широкие возможности для рецептурной модификации [4].

Введение в состав начинок таких компонентов, как брынза и твёрдый сыр, позволяет значительно повлиять на содержание белка, жира, влаги и органолептические свойства, а также на текстурную стабильность после термической обработки [5,6]. Рыбное филе служит полноценным источником белка, а молочные добавки дополнительно обогащают продукт белками и липидами. Твёрдые сыры улучшают связующую структуру, тогда как брынза придаёт изделию характерный вкус, одновременно увеличивая влажность и кислотность жировой фазы [7].

Зразы с твёрдым сыром формируют плотную, однородную структуру и выраженный сливочный вкус. Зразы с брынзой и укропом обладают насыщенным ароматом, но характеризуются меньшей устойчивостью к жарке [8]. Такие различия обусловливают необходимость оценки основных показателей: массовая доля белка, жира, влаги, кислотное число и органолептические свойства.

Нормативная рецептура зраз представлены в «Сборнике рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания» под номером 713 [9]. Вместе с тем современные требования к функциональности и разнообразию ассортимента требуют адаптации и научного обоснования новых рецептур с учётом потребительских ожиданий [10].

Цель исследования – установить влияние рецептурного состава начинки (брынза с укропом, твёрдый сыр) на физико-химические и органолептические свойства рыбных зраз, а также определить направления их рецептурной и технологической оптимизации.

Условия и методы исследования. Испытания образцов рыбных зраз проводились в аккредитованной лаборатории, соответствующей требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Исследования проводились в Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов при АО «Алматинский технологический университет».

Объекты исследования:

– Рыбные зразы с брынзой и укропом;
– Рыбные зразы с твердым сыром.

Методы исследований. Для оценки качества рыбных зраз были проведены физико-химические испытания в соответствии с методиками, утвержденными государственными стандартами ГОСТ (табл. 1).

Таблица 1

Нормативные документы для определения физико-химических показателей рыбных зраз

Определяемый показатель	Нормативный документ (ГОСТ)
Массовая доля белка, %	ГОСТ 25011-2017
Массовая доля жира, %	ГОСТ 23042-2015
Кислотное число жира, мг КОН/г	ГОСТ Р 55480-2013
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 33319-2015
Массовая доля золы, %	ГОСТ 31727-2012

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение физико-химических и органолептических характеристик рыбных зраз с различными добавками является важным этапом оценки их качества и пищевой ценности. В ходе исследований были проанализированы физико-химические показатели, включая массовую долю белка, жира, влаги, золы и кислотное число жира (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Физико-химические показатели рыбных зраз с различными видами начинки

Показатель	Зразы с брынзой и укропом	Зразы с твердым сыром
Массовая доля белка, %	18,96 ± 0,23	21,20 ± 0,25
Массовая доля жира, %	7,18 ± 0,08	9,04 ± 0,09
Кислотное число жира, мг КОН/г	5,95 ± 0,02	3,91 ± 0,01
Массовая доля влаги, %	42,38 ± 0,35	40,69 ± 0,38
Массовая доля золы, %	2,01 ± 0,02	1,45 ± 0,01

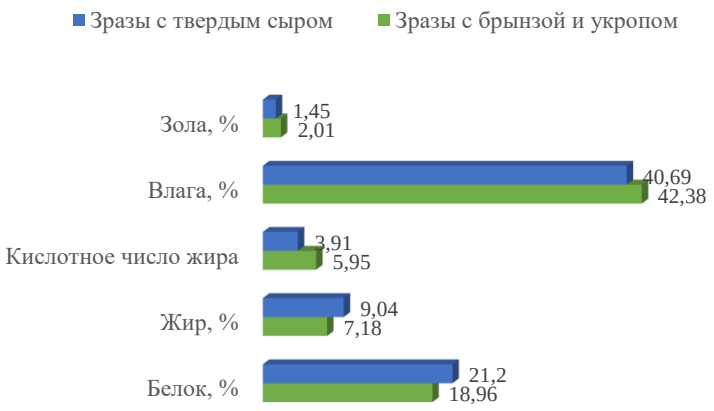


Рис. 1. Сравнительная характеристика рыбных зраз

Результаты проведённого исследования рыбных зраз с добавлением брынзы и укропа, а также твёрдого сыра подтверждают значительное влияние рецептурного состава на физико-химические показатели, органолептические свойства и общую пищевую ценность.

Массовая доля белка в зразах с твёрдым сыром составила 20,5%, что выше по сравнению с зразами с брынзой и укропом (17,8%). Данный результат объясняется высоким содержанием белка в твёрдом сыре и большей влажностью брынзы, что снижает концентрацию белка на единицу массы [10]. Как установлено в ряде исследований, увеличение белковой составляющей положительно влияет на прочностные и текстурные характеристики полуфабрикатов, а также повышает их биологическую ценность [11].

По содержанию жира зразы с твёрдым сыром также показали более высокое значение – 9,2% против 7,3% в зразах с брынзой. Это объясняется высокой жирностью исходного компонента. При этом умеренное содержание жира способствует улучшению вкуса и сочности, что подтверждается данными по органолептической оценке [12]. Однако необходимо учитывать, что избыток жиров снижает стабильность изделий при жарке и может быть нежелателен в рамках диетического питания [13].

Кислотное число жира в зразах с брынзой составило 5,9 мг КОН/г, что приближается к предельному уровню, допустимому нормативами. В образцах с твёрдым сыром данный показатель был значительно ниже – 3,9 мг КОН/г. Повышенное значение кислотного числа у брынзы, вероятно, связано с её высокой влажностью и биохимическими особенностями созревания молочного белка [14]. Подобные результаты требуют контроля за сроками хранения и условий производства.

Влажность зраз с брынзой составила 67,1%, с твёрдым сыром – 62,9%. Влагосодержание влияет на сочность и термическую устойчивость продукта. Более высокая влажность увеличивает риск потери формы при жарке, однако в данном исследовании после технологической доработки (коррекция панировки, времени предварительной обработки) консистенция зраз с брынзой была оценена как стабильная. Рисунок 2 иллюстрирует результаты органолептической оценки рыбных зраз.

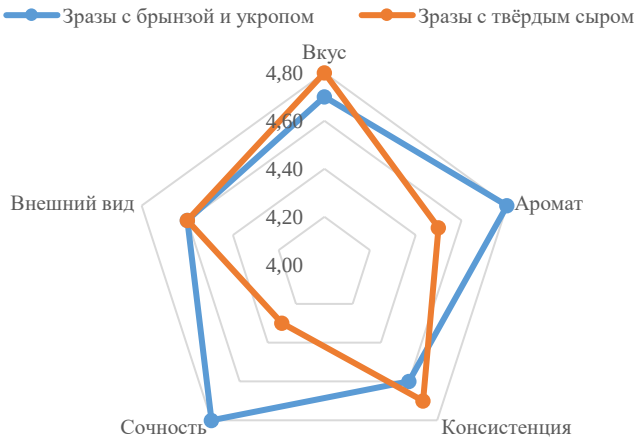


Рис. 2. Органолептическая оценка рыбных зраз

По результатам органолептической оценки зразы с брынзой и укропом получили высокие баллы за аромат (4,8), сочность (4,8), вкус (4,7) и внешний вид (4,6). Это объясняется использованием свежей зелени и кисломолочного компонента с выраженным вкусом. Консистенция была оценена на уровне 4,6 балла, что выше, чем в предыдущих испытаниях аналогичных рецептур без технологической коррекции [15].

Зразы с твёрдым сыром продемонстрировали чуть более высокие значения по вкусу (4,8) и консистенции (4,7), что подтверждает способность расплавленного сыра формировать стабильную и равномерную структуру. Внешний вид, аромат и сочность также оценивались на уровне 4,5-4,6 балла.

Энергетическая ценность составила 178 ккал/100 г у зраз с сыром и 158 ккал/100 г у зраз с брынзой. Более высокая калорийность у образцов с сыром связана с увеличенным содержанием жиров. Однако в обоих вариантах соотношение белков, жиров и углеводов соответствует критериям сбалансированного питания [16].

Таким образом, зразы с твёрдым сыром целесообразны для производства функциональных и энергетически насыщенных продуктов, а зразы с брынзой и укропом – для создания изделий с выраженным ароматом и мягкой текстурой, особенно в составе ресторанного ассортимента.

Заключение. Исследование показало, что изменение состава начинки в рыбных зразах существенно влияет на физико-химические и органолептические характеристики продукта. Зразы с твёрдым сыром отличались повышенным содержанием белка (20,5%) и жира (9,2%), плотной текстурой и высокой термической устойчивостью, что обусловлено свойствами сыра как структурообразующего компонента. Калорийность данного варианта составила 178 ккал/100 г, что делает его подходящим для потребителей с повышенной потребностью в энергии и белке.

Зразы с брынзой и укропом характеризовались повышенной влажностью (67,1%), насыщенным ароматом и выраженной сочностью, при этом кислотное число жира достигало 5,9 мг КОН/г, что указывает на необходимость контроля сроков хранения и качества молочного компонента. Оба продукта соответствовали критериям сбалансированного питания.

Список литературы

1. Гусева, Л.Б. Технологические аспекты переработки рыбного сырья в полуфабрикаты и готовые изделия [Текст] / Л.Б. Гусева. – Санкт-Петербург: Политех, 2021
2. Золотокопова, С.В. Оценка качества и безопасности рыбных полуфабрикатов [Текст] / С.В. Золотокопова // Вестник пищевой промышленности. – 2011. – № 5 (2). – С. 35-42.
3. Цибизова, М.Е. Использование комбинированного состава ингредиентов в производстве рыбных полуфабрикатов [Текст] / М.Е. Цибизова. – Москва: Издательство МГУПП, 2018.
4. Скурихин, А.А. Химический состав пищевых продуктов [Текст]: справочник / А.А. Скурихин, А.П. Нечаев. – Москва: ДеЛи, 2002.
5. Минторг СССР. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания [Текст]. – Москва: Экономика, 1982.
6. ГОСТ 25011-2017. Продукты переработки рыбы и морепродуктов. Определение массовой доли белка [Текст]. – Введ. 01.07.2018. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 13 с.
7. ГОСТ 23042-2015. Продукты переработки рыбы. Методы определения массовой доли жира [Текст]. – Введ. 01.01.2017. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 12 с.

8. ГОСТ 33319-2015. Продукты пищевые. Методы определения массовой доли влаги [Текст]. – Введ. 07.01.2016. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 9 с.
9. ГОСТ 31727-2012. Продукты переработки рыбы. Определение массовой доли золы [Текст]. – Введ. 07.01.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
10. Merenkova S.P., Kulikovskiy A.V., Shestopalova I.V. Use of transglutaminase in fish semifinished product processing // Food and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7 (2). – P. 178-186.
11. Ivanova E.Yu., Popov A.S. Comparative characteristics of fish-based ready-to-cook products: Traditional and fortified formulations // Food and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9 (2). – P. 355-364.
12. Miller D.D., Welch R.M., Bouis H.E. Food safety and heavy metals: Risk analysis // Journal of Food Science. – 2015. – Vol. 80 (1). – P. R221-R231.
13. Попов, В.В. Современные подходы к оценке пищевой безопасности [Текст] / В.В. Попов. – Санкт-Петербург: Политех, 2022.
14. Zakharchenko A.M., Didenko L.V., Parshina N.V. Nutritional and safety assessment of fish semi-finished products with various additives // Journal of Food Processing and Preservation. – 2020. – Vol. 44 (11). – P. e14824.
15. Галиева, А.Р. Физико-химическая характеристика полуфабрикатов из рубленой рыбы [Текст] / А.Р. Галиева, Н.Г. Юсупова // Вестник Казанского ГАУ. – 2021. – № 3(61). – С. 89-93.
16. Калинина, Л.Л. Исследование технологических свойств рыбных полуфабрикатов с начинкой [Текст] / Л.Л. Калинина // Научный журнал КубГАУ. – 2019. – № 154 (10). – С. 1-14.

Материал поступил в редакцию 28.01.25, принят 26.05.25.

А.К. Смагулова[1], А.М. Таева[2], А.Н. Есенгазиева[2], Ж.К. Имангалиева[2]

[1]И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университеті, Бішкек қ. Қырғыз Республикасы
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

БАЛЫҚ ЗРАЗДАРЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Зерттеуде брынза мен аскөк және қатты ірімшік қосылған балық зраздарының физика-химиялық және органолептикалық қасиеттеріне әсері бағаланды. Қатты ірімшік қосылған зраздардың ақуыз мөлшері (21,20 %) мен май мөлшері (9,04 %) жоғары, тығыз құрылымды және термиялық тұрақты екені анықталды. Брынза мен аскөк қосылған зраздар ылғалдылығының сәл жоғары болуымен (42,38 %), шырындылығы мен айқын хош иісімен ерекшеленеді, сонымен қатар май қышқылдығының көрсеткіші (5,95 мг КОН/г) жоғары болуы ерекше сапалық бақылауды қажет етеді. Органолептикалық бағалау нәтижесі әр нұсқаның өзіндік артықшылықтары бар екенін көрсетті: қатты ірімшік қосылған зраздар дәмі (4,8) мен консистенциясы (4,7) бойынша жоғары бағаға ие болса, брынза қосылған зраздар шырындылығы (4,8) мен хош иісі (4,8) жағынан басым түсті. Қатты ірімшік қосылған нұсқаның энергетикалық құндылығы 178 ккал/100 г, ал брынза қосылған нұсқада – 158 ккал/100 г. Алынған нәтижелер бұл рецептуралардың болашағы зор екенін растайды және тұтынушылар сұранысын ескере отырып, одан әрі жетілдіруді ұсынады.

Тірек сөздер: балық зраздары, брынза, ірімшік, ақуыз, май, органолептика, құрылым, жартылай фабрикат.

A.K. Smagulova[1], A.M. Tayeva[2], A.N. Yesengaziyeva[2], Zh.K. Imangaliyeva[2]

[1]The Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF STUFFED FISH PATTIES (FISH ZRAZY)

Abstract. The study evaluated the effect of adding brynza with dill and hard cheese on the physicochemical and sensory properties of fish zrazy. It was found that using hard cheese resulted in higher protein (21.20%) and fat content (9.04%), as well as a denser structure and greater thermal stability. Zrazy with brynza and dill exhibited slightly higher moisture content (42.38%), juiciness, and a pronounced aroma; however, they also showed an increased fat acidity value (5.95 mg KOH/g), requiring special quality control. Sensory evaluation revealed unique advantages for each variant: zrazy with hard cheese scored higher for taste (4.8) and texture (4.7), while those with brynza outperformed in juiciness (4.8) and aroma (4.8). The energy value amounted to 178 kcal/100 g for the cheese version and 158 kcal/100 g for the brynza version. These findings confirm the potential of these formulations and suggest further refinement in accordance with consumer demands.

Keywords: fish zrazy, brynza, cheese, protein, fat, texture, juiciness, sensory evaluation, semi-finished products.

References

1. Guseva, L.B. Tekhnologicheskiye aspekty pererabotki rybnogo syr'ya v polufabrikaty i gotovyye izdeliya [Technological aspects of processing raw fish into semi-finished and finished products]. – St. Petersburg: Polytechnic, 2021. [in Russian].
2. Zolotokopova, S.V. Otsenka kachestva i bezopasnosti rybnykh polufabrikatov [Assessment of the quality and safety of semi-finished fish products] // Bulletin of the food industry. – 2011. – No. 5 (2). – P. 35-42. [in Russian].
3. Tsibizova, M.Ye. Ispol'zovaniye kombinirovannogo sostava ingrediyentov v proizvodstve rybnykh polufabrikatov [Use of a combined composition of ingredients in the production of semi-finished fish products]. – Moscow: Publishing House of Moscow State University of Food Products, 2018. [in Russian].
4. Skurikhin, A.A., Nechayev, A.P. Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of food products]: reference book. – Moscow: DeLi, 2002. [in Russian].
5. USSR Ministry of Trade. Sbornik retseptur blyud i kulinarnykh izdeliy dlya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Collection of recipes for dishes and culinary products for catering establishments]. – Moscow: Ekonomika, 1982. [in Russian].
6. GOST 25011-2017. Produkty pererabotki ryby i moreproduktov. Opredeleniye massovoy doli belka [Processed fish and seafood products. Determination of the mass fraction of protein]. – Introduced. 01.07.2018. – Moscow: Standartinform, 2017. – 13 p. [in Russian].
7. GOST 23042-2015. Produkty pererabotki ryby. Metody opredeleniya massovoy doli zhira [Processed fish products. Methods for determining the mass fraction of fat]. – Introduced. 01.01.2017. – Moscow: Standartinform, 2019. – 12 p. [in Russian].
8. GOST 33319-2015. Produkty pishchevyye. Metody opredeleniya massovoy doli vlagi [Food products. Methods for determining the mass fraction of moisture]. – Introduced. 07.01.2016. – Moscow: Standartinform, 2018. – 9 p. [in Russian].
9. GOST 31727-2012. Produkty pererabotki ryby. Opredeleniye massovoy doli zoly [Fish processing products. Determination of the mass fraction of ash]. – Introduced. 07.01.2013. – Moscow: Standartinform, 2013. – 12 p. [in Russian].

10. Merenkova S.P., Kulikovskiy A.V., Shestopalova I.V. Use of transglutaminase in fish semifinished product processing // Food and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7 (2). – P. 178-186
11. Ivanova E.Yu., Popov A.S. Comparative characteristics of fish-based ready-to-cook products: Traditional and fortified formulations // Food and Raw Materials. – 2021. – Vol. 9 (2). – P. 355-364.
12. Miller D.D., Welch R.M., Bouis H.E. Food safety and heavy metals: Risk analysis // Journal of Food Science. – 2015. – Vol. 80 (1). – P. R221-R231.
13. Popov, V.V. Sovremennyye podkhody k otsenke pishchevoy bezopasnosti [Modern approaches to food safety assessment]. – St. Petersburg: Polytech, 2022. [in Russian].
14. Zakharchenko A.M., Didenko L.V., Parshina N.V. Nutritional and safety assessment of fish semi-finished products with various additives // Journal of Food Processing and Preservation. – 2020. – Vol. 44 (11). – P. e14824.
15. Galiyeva A.R., Yusupova N.G. Fiziko-khimicheskaya kharakteristika polufabrikatov iz rublenoy ryby [Physicochemical characteristics of semi-finished products from chopped fish] // Bulletin of Kazan SAU. – 2021. – No. 3(61). – P. 89-93. [in Russian].
16. Kalinina, L.L. Issledovaniye tekhnologicheskikh svoystv rybnykh polufabrikatov s nachinkoy [Study of technological properties of fish semi-finished products with filling] // Scientific journal of KubSAU. – 2019. – No. 154 (10). – P. 1-14. [in Russian].

МРНТИ 65.63.33

М.Ж. Кизатова[1] – *основной автор*,
А.Б. Абуова[2], Н. Жексенбай[3], Е.П. Цой[4], М.Д. Кенжеходжаев[5], А.Б. Апбасбек[6]

©

[1]Д-р техн. наук, профессор, [2]Д-р с.-х. наук, профессор, [3]Доцент, [4]Директор, [5]Канд. техн. наук, ассоц. профессор, [6]Магистрант

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-6481-7410 [2]https://orcid.org/0000-0002-1987-8417
[3]https://orcid.org/0000-0001-5095-7319 [4]https://orcid.org/0009-0007-5812-1285
[5]https://orcid.org/0000-0001-6924-4589 [6]https://orcid.org/0009-0007-5812-1285

[1,3]Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, г. Алматы, Казахстан
[2,6]Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[4]ТОО «Anadel», г. Алматы, Казахстан
[5]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

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

https://doi.org/10.55956/FYQR8972

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕКТИНСОДЕРЖАЩЕГО ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Производители, обогащая продукты питания дополнительными ингредиентами, стараются придать функциональность, качество и доступность, тем самым превзойти ожидания потребителей. Пектинсодержащий творожный продукт представляет рыночный потенциал, благодаря интересу потребителей к здоровому питанию с детоксикационными свойствами. Низкоэтерифицированные пектины (LM и LMA) характеризуются по активности реакции с кальцием, выводить из организма человека токсичные металлы и долгоживущие (с периодом полураспада в несколько десятков лет) изотопы стронция, цезия и т.д. Технологически процессы производства творожного продукта с пектином включают пастеризацию восстановленного молока, охлаждение, внесение пектина, гомогенизацию, внесение закваски, сквашивание, обработку, прессование сгустка. Разработанная технология обеспечивает качество и безопасность продукта. Низкоэтерифицированный пектин в количестве 0,1-0,5% к массе молока способствует лучшему абсорбированию тяжелых металлов из организма и дает возможность использования продукта с целью детоксикации, не влияя на технологический процесс и не повышая себестоимость продукции.

Ключевые слова: пектин, творожный продукт, технология производства пектинсодержащего творожного продукта.

Кизатова, М.Ж. Технология производства пектинсодержащего творожного продукта в производственных условиях [Текст] / М.Ж. Кизатова, А.Б. Абуова, Н. Жексенбай, Е.П. Цой, М.Д. Кенжеходжаев, А.Б. Апбасбек //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.54-63. https://doi.org/10.55956/FYQR8972

Введение. В настоящее время ведущие предприятия отрасли Казахстана производят до 140 наименований молочной продукции, создают

торговые марки. Однако среди большого ассортимента молочных продуктов нет лечебно-профилактической продукции, снижающей негативное влияние экологии, выхлопных газов, удобрений и пестицидов в продукции растениеводства.

Известен способ выведения из организма ионов свинца [1]. Согласно известному способу при отравлении свинцом предложено орально вводить в организм человека так называемые «комплексоны», в частности, Д-пеницилaмин, совместно с лактатом калия, аскорбиновой кислотой, элеутерококком и витаминами группы В. Для выведения токсичных металлов из организма предложено использовать орально энтеросорбент в виде пектинсодержащих препаратов [2]. Согласно известному способу рекомендовано применять по 10 таблеток 3 раза в день в течение 7 дней, что составляет 16,5 г/день не зависимо от массы тела пациента. При этом выведение свинца составило 59%. Однако, данный препарат не является специфичным и, кроме свинца и кадмия, в значительной степени выводит медь и цинк, что не желательно.

По данной Всемирной организации здравоохранения суточная норма употребления пектина для снижения холестерина крови, при отравлении тяжелыми металлами, пестицидами, высоком уровне сахара в крови, инфекционных заболеваниях, онкологических заболеваниях около 15 граммов. Пектин при поступлении в организм взаимодействует с водой. Увеличиваясь в размерах он инактивирует и выводит из организма вредные вещества [3]. Влагоудерживающая и комплексообразующая способности, эмульгирующие свойства пектиновых веществ обуславливают возможность их применения в составе молочных изделий. Комбинация молочного продукта с пектином стимулирует рост и активизацию полезной микрофлоры кишечника человека. Ещё одним важным свойством пектина, обусловливающим его применение в пищевых продуктах, является его гелеобразующая способность.

Огромный ассортимент молочной продукции и возросшая конкуренция ставят перед молочными предприятими новые задачи: создавать конкурентоспособные продукции высокого качества и биологической ценности.

Пектины используются в пищевой промышленности в качестве структурообразователей (гелеобразователей), загустителей, однако авторами [1,2] изучены способности, образовывая нерастворимые комплексы, выводить из организма человека токсичные металлы и долгоживущие (с периодом полураспада в несколько десятков лет) изотопы стронция, цезия и т.д. В процессе усвоения пищи деметоксилизация пектина способствует превращению его в полигалактуроновую кислоту, которая и соединяется с определенными тяжелыми металлами и радионуклидами, в результате чего образуются нерастворимые соли, не всасывающиеся через слизистую желудочно-кишечного канала и выделяющиеся из организма. В литературе есть сведения, что при воздействии пектинов происходит повышение антиоксидантной активности крови и тканей печени [4]. Используя натуральные пищевые добавки возможно улучшить пищевую ценность и лечебные свойства продукта. Пектин можно причислить к данным пищевым добавкам, в свою очередь пектин служит природным детоксикантом [5,6]. Всемирной Организацией Здравоохранения пектин признан абсолютно токсикологическими безопасным продуктом. В большинстве стран мира признан ценным пищевым продуктом [7,8].

В качестве стабилизатора пектиновые вещества используют в производстве йогуртов, майонезов, маргарина, сливочного масла [9,10].

Различают три основных вида пектина:

– HM – высокоэтерифицированные (высокометоксилированные);
– LM – низкоэтерифицированные (низкометоксилированные);
– LMA – низкоэтерифицированные амидированные.

Каждый тип пектина стандартизируют по разным параметрам. Высокоэтерифицированные пектины (HM) – по прочности студня, низкоэтерифицированные (LM и LMA) – по активности реакции с кальцием.

Условия и методы исследования. Творожный продукт, включающий творог 9% жирности, наполнитель структурообразователь, отличающийся тем, что дополнительно содержит муку гречневую, поликомпонентную закваску пробиотических культур, состоящую из гомоферментативных культур Lactococcus lactis subsp.cremoris, Lactococcus lactis subsp.lactis, и бифидобактерий Bifidobacterium lactis, в качестве наполнителя используют протертые свежие или замороженные ягоды малины, клубники и вишни в соотношении 1:3:1. В качестве структурообразователя использовали пектин АРС 143. Способ получения творожного продукта заключается в следующем: при скорости вращения перемешивающего устройства 1000 об/мин в течение 1 мин и температуре 40°С компоненты смешиваются. Затем они проходят тепловую обработку при постоянном перемешивании с частотой вращения 1200 об/мин и температуре (70+2)°С с выдержкой 2 мин. Розлив проводится в горячем виде. После чего осуществляется созревание продукта в течение 10-12 часов. При таких условиях продукт имеет срок годности 15 суток с момента окончания технологического процесса при температуре хранения (4+2)°С.

Целью исследований являлась разработка технологии пектиносодержащего функционального творожного продукта для повышения биологической ценности за счет внесения низкоэтерифицированного пектина, который способствует лучшему абсорбированию тяжелых металлов, снижению себестоимости продукта и получению экологически чистого продукта.

Объект исследования: рецептура творожного продукта с добавлением сухого порошка низкоэтерифицированного пектина.

Производственные испытания разработанных пектинсодержащих молочных продуктов проведены на базе ТОО «Anadel», находящегося в Панфиловском сельском округе Талгарского района Алматинской области.

В условиях производства технологический процесс производства творожного продукта состоит из основных операций, включающего пастеризацию молочного сырья, его охлаждение, добавление бактериальной закваски, соли и молокосвертывающего фермента, получение сгустка, разрезание его, розлив в мешки и прессование сгустка.

Предлагаемая технология производства молочных продуктов предусматривает внесение низкоэтерифицированного пектина, который способствует лучшему абсорбированию тяжелых металлов из организма и дает возможность использования продукта с целью детоксикации организма человека. Оценивают качество молочного сырья, затем восстанавливают обратно путем диспергации, вносят низкоэтерифицированный пектин в количестве 0,1-0,5% к массе молока, молочно-жировую пектиновую смесь нагревают до 60-65°С, проводят гомогенизацию молочно-пектиновой смеси,

затем пастеризуют при температуре 87-92°С и охлаждают до температуры сквашивания (рекомендуемой производителем) вносят закваску, состоящую из смеси термофильных и мезофильных культур, в количестве 1% к общей массе молока, добавляют хлорид кальция (в виде водного раствора) затем ферментитераза (предварительно растворенную) и сычужный фермент, осуществляют сквашивание 10-12 ч при 31-37°С до кислотности сгустка 60-65°С. После получения сгустка его разрезают, проводят обработку и розлив сгустка в мешки и прессование.

Результаты исследований и их обсуждение. Получению результатов научной и научно-технической деятельности и производственному испытанию предшествовало выполнение научного проекта «Разработка технологии пектинсодержащих молочных продуктов с целью выведения токсикантов из организма человека». Номер госрегистрации проекта 0120РК00003.

В результате проведённых исследований была научно обоснована технология производства пектинсодержащих молочных продуктов, получены лабораторные образцы новых функциональных продуктов и определены показатели пищевой безопасности. Заключительный отчет зарегистрирован в НЦГНТЭ (№ 0120РК00003).

Проводились измерения pH и активной кислотности творожных продуктов в течение их срока хранения по ГОСТу 3624 (табл. 1, 2). Были выбраны 1, 3, 7, 14, 21, 28 дни хранения при температуре 4 ±2°С, динамика которых была представлена в виде диаграмм (рис. 1, 2).

Таблица 1

Иизменение pH творожного продукта в период срока хранения

Продолжительность хранения, сутки	Значение pH			
	Без пектина, контроль	0,1% пектина	0,2% пектина	0,3% пектина
1	4,63±0,01	4,65±0,03	4,50±0,01	4,50±0,02
3	4,6±0,01	4,60±0,03	4,50±0,01	4,50 ±0,02
7	4,45±0,01	4,55±0,01	4,45±0,01	4,47±0,02
14	4,4±0,01	4,52±0,02	4,45±0,01	4,45±0,02
21	4,3±0,01	4,50±0,01	4,40±0,01	4,4±0,02
28	4,25±0,02	4,5±0,01	4,35±0,01	4,38±0,02

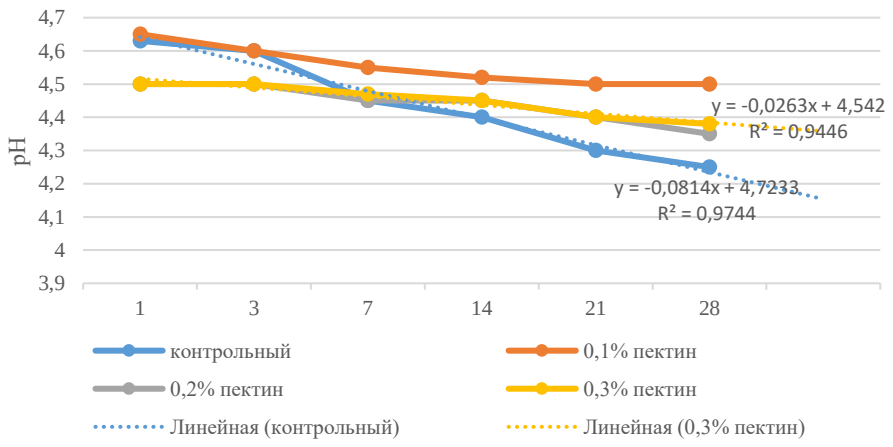


Рис.1. Изменение pH творожного продукта в период срока хранения

Таблица 2

Изменение кислотности творожного продукта в период срока хранения

Продолжительность хранения, сутки	Значение кислотности			
	Без пектина	0,1% пектина	0,2% пектина	0,3% пектина
1	80,61±1,4	90,61±1,4	91,5±5,46	92,6±3,6
3	85,2±1,2	95,4±5,42	95,6±6,26	96,5±1,7
7	90,3±1,4	100,8±1,4	100,5±5,4	100,8±3,6
14	95,5±1,2	104,6±1,0	102,2±1,0	105,4±3,6
21	100,4±1,5	108,4±1,5	106,5±1,5	109,6±1,5
28	110,8±2,0	111,2±2,0	112,4±2,0	114,5±2,0

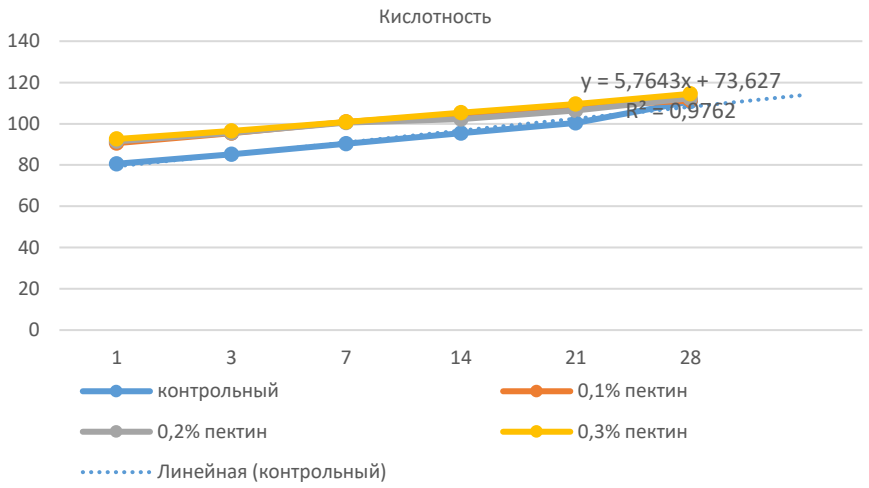


Рис. 2. Изменение активной кислотности творожного продукта в период срока хранения

Значение pH контрольного образца стремительно падал с 4,63 до 4,25, когда у образцов с содержанием пектина разница за 28 дней исследования разница не превысило 0,15. Кислотность образцов с содержанием пектина 0,1%, 0,2%, 0,3% в начале срока хранения были выше на 10 градусов Тернера, но в конце это разница сократилась составило 110-114 градусов Тернера. Тем самым результаты показывают, что активная кислотность и pH не превышает норму в период срока хранения и более того стабилизируется. Не следует резких скачков их значении. Так же важно отметить что органилептические показатели тоже соответствовали нормам стандарта.

Разработанная технология позволяет сохранять все полезные свойства компонентов, обеспечивая высокое качество творожного продукта, о чем свидетельствует сертификат соответствия № KZQ02467.C23.00385 действителен до 15.03.2026 г.

Для изучения эффективности нового творожного продукта в выведении токсикантов из организма проведены лабораторные исследования *in vivo* на крысах. Эксперимент был выполнен в соответствии с действующими в Казахстане нормативно-правовыми документами и с одобрения локально этической комиссии НАО «Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова».

Эксперимент был проведен на белых половозрелых лабораторных крысах самцах массой тела 140-160 г в количестве 50 животных с соблюдением основных принципов Хельсинской конвенции о гуманном отношении к лабораторным животным. Животные содержались в специальных отдельных ящиках внутри специализированного вивария для лабораторных животных, при температуре воздуха 20-22°С и относительной влажности 60-65% (рис. 3).

Рис. 3. Содержание крыс в специальных ящиках

Перед началом эксперимента, животные прошли двухнедельный карантин. Крысы содержались на стандартных, сертифицированных комбикормах в соответствии с действующими нормами при свободном доступе к воде и пище. В виде источников тяжёлых металлов были использованы нитрат свинца и хлорид кадмия. Во время эксперимента рацион животных был стандартным. Длительность эксперимента составил 21 день. 100 крыс были поделены на 10 групп по 10 шт.

Через час после приёма воды, содержащей тяжёлые металлы (ТМ) (рис. 4а) для животных предоставлялись пектинсодержащие продукты (рис. 4б), во избежание взаимодействия с металлами. После чего в течение дня животным предоставлялся стандартный корм. Тяжёлые металлы и пектинсодержащие продукты вводились в фиксированное время суток с целью предупреждения ошибок, связанных с суточными ритмами.

а б

Рис. 4. Подготовка к приёму воды, содержащей тяжёлые металлы и пектинсодержащего творожного продукта

В период проведения эксперимента осуществлялся забор фекалий каждые 7 дней (рис. 5).

Рис. 5. Пробы фекалий, взвешивание перед началом анализов

Анализы по определению количества свинца и кадмия в пробах проводились на атомно-абсорбционном спектрометре после мокрой минерализации. Пробы фекалий каждой группы были взвешены и подготовлены для анализа на атомно-абсорбционном спектрометре.

Содержание тяжелых металлов в фекалиях животных, употреблявших растворы свинца и кадмия с пектинсодержащим творожным продуктом, было выше по сравнению с контрольными группами. Количество свинца и кадмия в пробах фекалий контрольной группы в течение 3-х недель во время проведения эксперимента составило в среднем 31,2±4,8 μг/г и 12,1±2,4 μг/г, соответственно. Концентрация свинца и кадмия в фекалиях была выше во всех группах животных, получавших раствор тяжёлых металлов, по сравнению с контрольной группой. Это указывает на непрерывное выведение свинца через пищеварительный тракт. Наименьшее содержание свинца и кадмия было в пробах группы ТМ+творожныйпродукт 0,1%, и в конце эксперимента составило 82,2±17,3μг/г и 56,5±11,0 μг/г, соответственно. В группе ТМ+творожный продукт 0,3% наблюдалось тенденция увеличения содержания свинца и кадмия, и в конце эксперимента составило 190,2±28,3μг/г и 110,3±16,0 μг/г, соответственно. Это является доказательством выведения тяжелых металлов благодаря потрелению лабораторными крысами творожного продукта.

Заключение. Изучение и внедрение разработанной технологии производства пектинсодержащего творожного продукта на ТОО «Anadel» подтвердило перспективность данного направления в производстве функциональных продуктов питания. Творожный продукт с применением низкоэтерифицированного пектина в количестве 0,1-0,3% к массе молока способствует лучшему абсорбированию тяжелых металлов из организма и дает возможность использования продукта с целью детоксикации, не влияя на технологический процесс и не повышая себестоимость продукции. При приготовлении творожного продукта данным способом получаемый продукт характеризуется высокими структурно-механическими свойствами. Повышается биологическая ценность готового продукта, в том числе наблюдается увеличение количества белка до 25%, выход продукта на 9%.

На основе использования высокой комплексообразующей способности низкоэтерифицированных пектинов, обладающих свойствами выведения токсических веществ, снижения производственных и хронических заболеваний, связанных с экологией, вредными привычками (наркотики, табак, алкоголь) разработано новое направление создания функциональных продуктов питания с детоксикационными свойствами.

Таким образом, добавление в рацион человека пектинсодержащих творожных продуктов будет способствовать снижению роста заболеваемости

болезней, связанных с неблагополучной экологией – продуктами питания, водой, воздухом, содержащими в больших концентрациях токсические и канцерогенные вещества.

Список литературы

1. Ломова, А.А. О лечении хронических интоксикаций свинцом [Текст] / А.А. Ломова // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1997. – № 3. – С. 7-10.
2. Кушнева, В.С. Пектины различной степени этерификации и пектинсодежращий препарат «Медетопект» как факторы, способствующие элиминации свинца из организма [Текст] / В.С. Кушнева // Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 7. – С. 27-31.
3. Кизатова, М.Ж. Пектинсодержащие молочные продукты функционального назначения [Текст]: монография / М.Ж. Кизатова, Г.К. Искакова, Н. Жексенбай, Ж.С. Набиева, Ш.Н. Ахметсадыкова, А.Ш. Амирханова, Ж.К. Омаркулова. – Алматы: ИП «Мирас», 2022. – 165 с.
4. Канатова, Ж.К. Анализ экологического состояние окружающей среды горнодобывающих регионов Казахстана [Текст] / Ж.К. Канатова // Молодой ученый. – 2017. – № 14 (148). – С. 302-305.
5. Омарова, Н.К. Экологическая ситуация в Республике Казахстан [Текст] / Н.К. Омарова // Экология и здоровье нации. – 2016. – №7(3). – С. 6-12.
6. Типсина, Н.В. Возможность использования пектинового экстракта в производстве хлеба [Текст] / Н.В. Типсина, Н.Н. Присухина, А.И. Машанов, Н.И. Селиванов, Н.И. Чепелев // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 3. – С. 168-171.
7. Потрясов, Н.В. Использование пектина в различных технологиях [Текст] / Н.В. Потрясов, К.В. Акопян, А.В. Пономаренко // Молодой ученный. – 2014. – №-4. – С. 242.
8. Древин, В.Е. Биологические аспекты применения пектина при производстве пшеничного хлеба [Текст] / В.Е. Древин, Е.И. Крючков, Т.Е. Крючкова // Биологические аспекты производства сельскохозяйственной продукции. – 2016. – № 2 (34). – С. 37-40.
9. Кизатова, М.Ж. Пектины: основные свойства, технологии, применение [Текст]: монография / М.Ж. Кизатова, Г.К. Искакова, Ж.С. Набиева, С.Т. Азимова, Г.О. Устенова, К.К. Кожанова. – Алматы: ИП «Мирас», 2020. – 265 с.
10. Щетинина, Е.М. Применение пектина для производства мягких сыров на основе козьего молока [Текст] / Е.М. Щетинина // Ползуновский вестник. – 2019. – № 2. – С.51-54.

Материал поступил в редакцию 03.01.25, принят 23.05.25.

М.Ж. Кизатова[1], А.Б. Абуова[2], Н. Жексенбай[1],
Е.П. Цой[3], М.Д. Кенжеходжаев[4], А.Б. Апбасбек[2]

[1]С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]«Anadel» ЖШС, Алматы қ., Қазақстан
[4]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

ӨНДІРІСТІК ЖАҒДАЙЛАРДА ҚҰРАМЫНДА ПЕКТИНІ БАР СҮЗБЕ ӨНІМІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Азық-түлікті қосымша ингредиенттермен байыта отырып, өндірушілер өнімнің функционалдылығын, сапасын жақсартады және қол

жетімділікті қамтамасыз етуге тырысады, осылайша тұтынушылардың көңілінен шығады. Құрамында пектині бар сүзбе өнімі тұтынушылардың детоксикациялық қасиеттері бар дұрыс тамақтануға деген қызығушылығының арқасында нарықтық әлеуетті білдіреді. Төмен этерификацияланған пектиндер (LM және LMA) кальциймен адам ағзасынан улы металдарды және ұзақ өмір сүретін (бірнеше ондаған жыл жартылай ыдырау кезеңімен) стронций, цезий изотоптарын және т.б. шығару реакция белсенділігімен сипатталады. Пектин қосылған сүзбе өнімін өндірудің технологиялық процестеріне қалпына келтірілген сүтті пастерлеу, салқындату, пектинді енгізу, гомогенизация, ашытқы енгізу, ашыту, өңдеу, сүт ұйындысын баспалау жатады. Әзірленген технология өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Сүттің массасына 0,1-0,5% мөлшерінде төмен этерификацияланған пектин ауыр металдардың ағзадан жақсы сіңуіне ықпал етеді және технологиялық процеске әсер етпестен және өнімнің өзіндік құнын арттырмай, детоксикация мақсатында өнімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: пектин, сүзбе өнімі, құрамында сүзбе өнімі бар пектин өндіру технологиясы.

M.Zh. Kizatova[1], A.B. Abuova[2], N. Zheksenbay[1], E.P. Tsoy[3], M.D. Kenzhekhodzhaev[4], A.B. Apbasbek[2]

[1]Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan
[2]International Engineering Technological University, Almaty, Kazakhstan
[3]LLC "Anadel", Almaty, Kazakhstan
[4]M.H. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF PECTIN-CONTAINING CURD PRODUCT IN PRODUCTION CONDITIONS

Abstract. By enriching food with additional ingredients, manufacturers try to add functionality, quality and accessibility, thereby exceeding consumer expectations. The pectin-containing curd product represents market potential due to consumers' interest in healthy nutrition with detoxifying properties. Low-esterified pectins (LM and LMA) are characterized by their activity of reacting with calcium, removing toxic metals and long-lived (with a half-life of several decades) from the human body isotopes of strontium, caesium, etc. Technologically, the processes of producing a curd product with pectin include pasteurization of reconstituted milk, cooling, application of pectin, homogenization, application of starter culture, fermentation, processing, and clot pressing. The developed technology ensures the quality and safety of the product. Low-esterified pectin in the amount of 0.1-0.5% by weight of milk contributes to better absorption of heavy metals from the body and makes it possible to use the product for detoxification without affecting the technological process and without increasing the cost of production.

Keywords: pectin, curd product, technology of production of pectin-containing curd product.

References

1. Lomova, A.A. O lechenii khronicheskikh intoksikatsiy svintsom [On the treatment of chronic lead intoxication] // Occupational Hygiene and Occupational Diseases. – 1997. – No. 3. – P. 7-10. [in Russian].
2. Kushneva, V.S. Pektiny razlichnoy stepeni eterifikatsii i pektinsodezhrashchiy preparat "Medetopekt" kak faktory, sposobstvuyushchiye eliminatsii svintsa iz organizma [Pectins of varying degrees of esterification and the pectin-containing drug "Medetopect" as factors facilitating the elimination of lead from the body] //

Occupational Medicine and Industrial Ecology. – 1997. – No. 7. – P. 27-31. [in Russian].
3. Kizatova, M.ZH., Iskakova, G.K., Zheksenbay, N., Nabiyeva, ZH.S., Akhmetsadykova, SH.N., Amirkhanova, A.SH., Omarkulova, ZH.K. Pektinsoderzhashchiye molochnyye produkty funktsional'nogo naznacheniya [Pectin-containing dairy products for functional purposes]: monograph. – Almaty: IP «Miras», 2022. – 165 p. [in Russian].
4. Kanatova, ZH.K. Analiz ekologicheskogo sostoyaniye okruzhayushchey sredy gornodobyvayushchikh regionov Kazakhstana [Analysis of the ecological state of the environment of the mining regions of Kazakhstan] // Young scientist. – 2017. – No. 14 (148). – P. 302-305. [in Russian].
5. Omarova, N.K. Ekologicheskaya situatsiya v Respublike Kazakhstan [Ecological situation in the Republic of Kazakhstan] // Ecology and health of the nation. – 2016. – No. 7(3). – P. 6-12. [in Russian].
6. Tipsina N.V., Prisukhina N.N., Mashanov A.I., Selivanov N.I., Chepelev N.I. Vozmozhnost' ispol'zovaniya pektinovogo ekstrakta v proizvodstve khleba [Possibility of using pectin extract in bread production] // Bulletin of KrasSAU. – 2018. – No. 3. – P. 168-171. [in Russian].
7. Potryasov N.V., Akopyan K.V., Ponomarenko A.V. Ispol'zovaniye pektina v razlichnykh tekhnologiyakh [Use of pectin in various technologies] // Young scientist. – 2014. – No.-4. – P. 242. [in Russian].
8. Drevin V.Ye., Kryuchkov Ye.I., Kryuchkova T.Ye. Biologicheskiye aspekty primeneniya pektina pri proizvodstve pshenichnogo khleba [Biological aspects of pectin use in the production of wheat bread] // Biological aspects of agricultural production. – 2016. – No. 2 (34). – P. 37-40. [in Russian].
9. Kizatova, M.ZH., Iskakova, G.K., Nabiyeva, ZH.S., Azimova, S.T., Ustenova, G.O., Kozhanova, K.K. Pektiny: osnovnyye svoystva, tekhnologii, primeneniye [Pectins: basic properties, technologies, application]: monograph. – Almaty: IP «Miras», 2020. – 265 p. [in Russian].
10. Shchetinina, Ye.M. Primeneniye pektina dlya proizvodstva myagkikh syrov na osnove koz'yego moloka [Application of pectin for the production of soft cheeses based on goat milk] // Polzunovsky Bulletin. –2019. – No. 2. – P.51-54. [in Russian].

МРНТИ 65.59.31

М. Ілиясқызы[1] – *основной автор*,
Я.М. Узаков[2], Л.А. Каимбаева[3],
Ш.Ы. Кененбай[4], Л.К. Калашинова[5], У.Ч. Чоманов[6]

©

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

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-2452-4744 [2]https://orcid.org/0000-0002-5462-8261
[3]https://orcid.org/0000-0002-5251-8026 [4]https://orcid.org/0000-0002-0239-9110
[5]https://orcid.org/0000-0003-0716-633X [6]https://orcid.org/0000-0003-4560-8311

[1]Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан
[2,4]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[3]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан
[5]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
[6]Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан

@ *[3]kleila1970@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/THZV8814

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ШТАММОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАРЕНО-КОПЧЕНЫХ И ПОЛУКОПЧЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНИНЫ

Аннотация. Данная статья посвящена идентификации флоры полукопченых колбас, произведенных в ходе исследования, что позволит в дальнейшем изучить ее свойства и использовать в производстве полукопченых колбас из конины. В статье описано современное состояние мирового рынка конины и мясопродуктов; производство колбасных изделий, в том числе полукопченых колбас. Разработана технология производства продуктов из конины с использованием заквасочных культур: готовой варено-копченой казы и полукопченой колбасы. В качестве основного сырья для производства полукопченой колбасы используется тазобедренная часть, которая остается после отрубания жая. Мы сравнили качественные характеристики готовых продуктов, изучили аминокислотный и жирнокислотный состав. Проведено сравнительное описание органолептических показателей полукопченых колбас с добавлением заквасочных культур и контрольного образца. Образцы сравнивали по: значению pH, содержанию массовой доли белка и микробиологическим показателям. Проведено тестирование элективной питательной среды для молочнокислых бактерий с целью выявления значительной микробной флоры в полукопченых колбасах.

Ключевые слова: флора в полукопченых колбасах, ферментированные мясные продукты, стартовые культуры, штаммы молочнокислых бактерий, аминокислоты, жирные кислоты, идентификация микроорганизмов.

Ілиясқызы, М. Исследование свойств штаммов молочнокислых бактерий в производстве варено-копченых и полукопченых изделий из конины [Текст] / М. Ілиясқызы, Я.М. Узаков, Л.А. Каимбаева, Ш.Ы. Кененбай, Л.К. Калашинова, У.Ч. Чоманов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.64-74.
https://doi.org/10.55956/THZV8814

Введение. Мировой рынок мяса и мясных продуктов – один из важнейших секторов продовольственного рынка. Одним из основных и традиционных источников мясного сырья в нашей стране является конина. По имеющимся данным, Республика Казахстан обладает достаточными ресурсами конины, что делает ее перспективной и интересной для использования в производстве национальных мясных продуктов для населения Казахстана, а также на экспорт. По данным Комитета по статистике Республики Казахстан, на 1 января 2024 года в Казахстане насчитывалось 4 миллиона голов лошадей. Установлено, что на начало 2024 года в стране произвели 281 тонну свежей конины, то есть на 7,3% меньше, чем годом ранее. При этом выпуск мороженого мяса составил всего 8 тонн, против 13 тонн годом ранее. 62,3% свежей конины было произведено в Актюбинской области: 175 тонн. В тройке регионов-лидеров также оказались Кызылординская и Акмолинская области [1,2].

Больше всего мороженой конины произвели в Алматинской области: 3 тонны. Ещё 2 тонны составил выпуск в Западно-Казахстанской области, и по 1 тонне – в Актюбинской, Кызылординской и Павлодарской областях.

Несмотря на значительную долю конины, производство сопутствующего мяса во многом сдерживается отсутствием соответствующих технологических решений, позволяющих эффективно использовать данный вид ресурса на основе перспективных видов переработки [1].

Несмотря на столь значительные ресурсы живого веса, Казахстан является основным импортером российской мясной продукции. Казахстан, являясь крупным производителем мяса, тем не менее, импортирует его в значительных объемах. По данным на 1 ноября 2023 года, импорт мяса и мясопродуктов в страну составил 191 тыс. тонн, что втрое превышает экспорт. Основным поставщиком мяса в Казахстан является Россия, на которую приходится более 60% всего импорта. Также значительные объемы мяса импортируются из Бразилии, Китая и Беларуси [3].

На сегодняшний день, если рассматривать европейские страны, то конина широко используется во Франции, Бельгии, Италии и Швеции, где конина превосходит баранину по объемам продаж. Во Франции потребление конины составляет 0,4% от всего потребляемого мяса. В Италии традиционная ферментированная колбаса изготавливается без использования микробных заквасок, а конец созревания продукта характеризуется легкой кислинкой и упругой, полутвердой консистенцией. *Lactobacillus sakei, Lactobacillus curvatus* и *Lactobacillus plantarum* – наиболее часто встречающиеся лактобактерии в мясе и мясных продуктах, включая ферментированные колбасы, обработанные по различным технологиям. К ним относится наиболее часто выделяемый вид – *Lactobacillus sakei* [4-7].

Основным продуктом, получаемым в результате переработки различных видов мясного сырья, являются колбасы. Среди различных видов колбас можно выделить полукопченую колбасу как наиболее натуральную, которая относится к уникальному классу мясных продуктов, состоящих

только из мяса с добавлением специй. Полукопченые колбасы представляют собой класс традиционных мясных продуктов, которые не подвергаются термической обработке, то есть производятся без пастеризации [4]. Качественные полукопченые продукты основаны на использовании современных биотехнологических приемов. В настоящее время большинство полукопченых колбас вырабатывается по ускоренной технологии с использованием стартовых культур, в состав которых могут входить микроорганизмы различных родов, в том числе *Lactobacillus spp., Pediococcus spp., Staphylococcus spp., Micrococcus spp*. [8,9].

Мясные продукты относятся к скоропортящимся, поэтому поиск безвредных и эффективных препаратов для увеличения срока их хранения является актуальной задачей.

Одним из важнейших эффектов применения стартовых бактериальных культур является увеличение срока хранения мясных продуктов. Штаммы, используемые в мясной промышленности, могут оказывать значительное влияние на срок хранения и качество ферментированных продуктов, подавляя нежелательную флору. Подавление нежелательной флоры и образование полезной флоры происходит за счет выделения антибактериальных веществ, таких как органические кислоты, диоксид углерода, перекись водорода, диацетил и бактериоцины [10,11].

Цель статьи: расширение ассортимента полукопченых колбас из конины за счет возможности использования части бедра, которая обычно остается после отрубания жая; улучшение органолептических показателей и обеспечение безопасности готового продукта; сокращение сроков созревания продукта.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

– производство полукопченых колбас из конины с использованием стартовых культур;

– производство полукопченых колбас из конины без использования стартовых культур;

– сравнение качественных характеристик и химического состава готовых продуктов;

– выявление технологически значимой микрофлоры готовых полукопченых колбас для дальнейшего изучения ее свойств и использования в производстве.

В качестве объектов исследования выступали следующие:

1) заквасочные культуры: а) *BLC-78 – Staphylococcus carnosus, Pediococcus acidilacti*; б) *Flora italia LC – Lactobacillus sakei, Pediococcus acidilacti, Staphylococcus carnosus;*

2) пищевые продукты, приготовленные с использованием заквасочной культуры и без нее.

Условия и методы исследования. pH определяли потенциометрическим методом; содержание белка в продукте определяли по содержанию белкового азота, который находят по разности между количеством общего и небелкового азота, исходя из перевода азота в белок; для газохроматографических исследований использовали капиллярный газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и кварцевой колонкой; микробиологические исследования основывались на испытании элективных питательных сред для молочнокислых бактерий (среда для выделения молочнокислых бактерий по методу А. Нетрусова) с

целью выявления технологически значимой флоры готовых полукопченых колбас (питательная среда МРС).

Аминокислотный состав мясных продуктов определяли в газовом хроматографе при длине волны 254. Температура анализа составила 30°С. Метод расчета: абсолютная калибровка прибора.

Результаты исследований и их обсуждение. Стартовые культуры вносили вместе с солью и приправами из расчета 0,5 г на 1 кг фарша, а также добавляли в рассол. Микроорганизмы, внесенные со стартовыми культурами, под действием ферментов изменяли структуру мясных продуктов, образуя новые вещества, способствующие улучшению качественных показателей продукта.

Рис. 1. Варено-копченый продукт – казы «Алматы» с добавлением заквасочных культур

Результаты исследования качественных характеристик варено-копченого казы с добавлением заквасочных культур (рис. 1) в сравнении с контрольным образцом представлены в таблице 1.

Для производства варено-копченой казы использовали конину из реберной части, охлажденную в течение 48 часов при температуре 2-4°С. Существенным отличием данного процесса является использование бактериального препарата при обработке рассолом, что позволяет интенсифицировать биохимические и микробиологические процессы при созревании мяса. Это позволяет сократить продолжительность обработки рассолом, уменьшить количество остаточного нитрита и улучшить органолептические показатели готового продукта.

Таблица 1

Органолептическая оценка варено-копченого продукта – казы «Алматы»

Образец	Внешний вид	Внешний вид и цвет в поперечном разрезе	Запах	Вкус	Консистенция	Сочность	Общий балл
Контрольный образец	7,1±0,3	6,7±0,2	6,8±0,3	6,4±0,2	6,4±0,3	6,1±0,3	6,6±0,3
Казы с добавлением заквасочных культур	7,5±0,3	7,4±0,3	7,0±0,4	7,4±0,2	7,0±0,4	6,6±0,4	2±0,3

Из таблицы 1 видно, что образцы казы с добавлением заквасочных культур получили высокие оценки по сравнению с эталоном. Казы, изготовленные с использованием заквасочных культур, отличаются более плотной консистенцией и выраженным специфическим вкусом и ароматом.

Одними из компонентов, влияющих на вкус и аромат, являются аминокислоты и жирные кислоты. Аминокислотный состав варено-копченой казы представлен в таблице 2. Эти вещества образуются и накапливаются в результате распада белков, а также пептидов, входящих в состав экстрактивных веществ мышечной ткани.

Таблица 2

Аминокислотный состав варено-копченого продукта казы «Алматы»

№	Аминокислота	Высота	Площадь	Массовая доля в %
1	Аргинин	1,712	68,87	0,90±0,36
2	Лизин	0,243	2,415	0,014±0,004
3	Тирозин	3,336	154,2	1,84±0,55
4	Фенилаланин	1,251	45,92	0,51±0,15
5	Лейцин+изолейцин	3,124	233,3	0,98±0,25
6	Метионин	1,275	64,73	0,62±0,21
7	Валин	2,355	122,7	0,93±0,37
8	Пролин	2,659	117,3	0,83±0,22
9	Треонин	1,547	63,64	0,47±0,19
10	Серин	1,215	59,0	0,36±0,009
11	Аланин	2,978	145,6	0,71±0,19
12	Глицин	3,794	225,7	0,89±0,30

Скорость накопления потенциальных предшественников вкуса и аромата, которые формируются в целом в процессе приготовления пищи, связана со скоростью деградации высокомолекулярных веществ мышечной ткани, особенно белков. Это связано с глубиной протеолиза [5].

Известно, что ароматические соединения, полученные в результате жизнедеятельности микроорганизмов, оказывают существенное влияние на формирование суммарного аромата ферментированных мясных продуктов. В процессе развития заквасочные культуры выделяют ферменты, катализирующие расщепление углеводов, при этом накапливаются органические кислоты, ацетон, диацетил, которые участвуют в формировании вкуса и аромата мясных продуктов [5,6].

Одним из информативных и доступных показателей вкуса и аромата мясных продуктов является массовая доля летучих жирных кислот (табл. 3), которую определяли путем удаления их прямым паром из подкисленного водного экстракта с последующей рафинацией дистиллята щелочью [5-7].

Формирование аромата мясных продуктов в основном определяется ферментацией жиров, в результате которой образуются ди- и моноглицериды, летучие жирные кислоты и сопутствующие продукты распада [5,10,11].

Жая, казы и карта – самое ценное, что есть в конине. В качестве основного сырья для производства полукопченой колбасы мы использовали часть тазобедренной части лошади, оставшуюся после вырезания жая. При изготовлении полукопченых колбас (рис. 2) использовали два следующих вида заквасочных культур: *BLC-78 – Staphylococcus carnosus, Pediococcus acidilacti; Flora italia LC – Lactobacillus sakei, Pediococcus acidilacti,*

Staphylococcus carnosus. Штаммы микроорганизмов, присутствующие в составе данных стартовых культур, предназначены для производства различных видов полукопченых колбас и значительно отличаются по качеству от тех стартовых культур, которые имеются на рынке нашей страны (были приобретены в Болгарии во время прохождения исследовательской практики).

Таблица 3

Жирнокислотный состав варено-копченого продукта: казы «Алматы»

№	Время, мин.	Жирные кислоты	Время, мин.	Площадь роста, %
1	9,43	Oil	0,697	0,6387
2	14,41	Myristic	1,653	0,3807
3	18,78		0,692	0,1012
4	22,23	Stearic	0,724	0,0860
5	22,83		0,624	0,0483
6	26,21		0,689	0,0347
7	27,30		2,903	0,5578
8	29,06		2,393	0,3740
9	30,12		1,891	0,2537
10	30,74	Oleic	6,482	1,2961
11	33,36		5,038	0,8760
12	42,68		5,591	0,7667
13	47,34		24,661	5,1761
14	53,64	Linoleic	1,894	0,3788
15	56,96	Linolenic	7,580	1,8901
16	74,05	Pentadecane	3,170	1,1702
	Chromatograph type – Crystallux – 4000M		66,682	13,4763

Рис. 2. Копченая колбаса из конины

В работе получены: контрольный образец без добавления закваски; контрольный образец с добавлением бактериальной закваски *BLC-78*; контрольный образец с бактериальной закваской *Flora italia LC*. Результаты исследования органолептических характеристик полукопченой колбасы с добавлением заквасочных культур в сравнении с контрольным образцом представлены в таблице 4.

Таблица 4

Органолептическая оценка полукопченых колбас из конины

Образцы колбас	Оценка образцов колбасы по пятибалльной шкале					
	Внешний вид в поперечном сечении	Цвет	Запах	Вкус	Консис-тенция	Общее состояние
Контрольный образец №1 с добавлением *BLC-78*	4,9	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8
Контрольный образец №2 с добавлением *Flora italia LC*	4,8	4,8	4,8	4,7	4,9	4,8
Контрольный образец (без добавления бактериальной закваски)	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,52

Из таблицы 4 видно, что по органолептическим показателям образцы колбас, изготовленные с использованием заквасочных культур, оцениваются выше, чем эталонные образцы. Контрольные образцы имели более нежную консистенцию и кисловатый вкус по сравнению с эталонными. Образцы готовых колбас также отличались по показателю pH:

– контрольный образец № 1 – 4,74;
– контрольный образец № 2 – 4,86;
– контрольный образец (без добавления бактериальной закваски) – 4,91.

Одним из важнейших показателей является протеолитическая активность микроорганизмов, используемых в качестве заквасочных культур. Она определяется степенью расщепления белка в мясе. Этот принцип способствует повышению качественных характеристик мясного сырья. Протеолитическая активность ферментов заключается в изменении количества белка в конечном продукте [8-11]. При определении массовой доли белка в готовых полукопченых колбасах были получены следующие данные (табл. 5).

Таблица 5

Содержание массовой доли белка в готовых полукопченых колбасах

№	Массовая доля белка, %	Фактические результаты	Регламент испытаний
1	Контрольный образец №1	28,51	ГОСТ 25011-81
2	Контрольный образец №2	28,15	ГОСТ 25011-81
3	Контрольный образец (без добавления бактериальной закваски)	31,0	ГОСТ 25011-81

Установлено, что белка в контрольном образце без добавления бактериальной закваски больше, чем в контрольном образце №1 и №2 на 2,49 и на 2,85%.

В заключении исследований протестировали элективные питательные среды на наличие молочнокислых бактерий с целью выявления технологически значимой флоры готовых полукопченых колбас. выявлено,

что в контрольном образце №1 молочнокислые микроорганизмы не обнаружены, так как в используемой стартовой культуре были обнаружены только денитрифицирующие кокки: Sta*phylococcus carnosus, Pediococcus acidilacti*. В контрольном образце №2 выявлено количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/г – 12*107. В контрольном образце выявлено КОЕ/г – 6*107 молочнокислых микроорганизмов.

Проведенные исследования позволили:

– разработать технологию производства полукопченых колбас из конины с использованием заквасочных культур;

– разработать технологию производства варено-копченого продукта – казы под торговой маркой «Алматы» с добавлением заквасочных культур.

В результате органолептических показателей установлено, что образцы варено-копченого продукта – казы «Алматы» с добавлением заквасочных культур получили высокие оценки по сравнению с эталоном. Казы, изготовленные с использованием заквасочных культур, отличаются более плотной консистенцией и выраженным специфическим вкусом и ароматом.

По органолептическим показателям образцы полукопченых колбас из конины, изготовленные с использованием заквасочных культур, оцениваются выше, чем эталонные образцы. Контрольные образцы имели более нежную консистенцию и кисловатый вкус по сравнению с эталонными. Образцы готовых колбас также отличались по показателю pH.

Заключение. Изучение влияния штаммов молочнокислых бактерий, используемых в качестве стартовых культур, на качественные характеристики ферментированных мясных продуктов показало, что микроорганизмы в составе стартовой культуры выполняют множество незаменимых функций, таких как: ускорение биохимических процессов, происходящих в мясном сырье при обработке рассолом, и протеолиза мышечных белков, способствующего ускорению созревания мясных продуктов; улучшение органолептических показателей варено-копченого казы «Алматы» и полукопченой колбасы; оптимальное снижение pH; улучшение санитарных условий; все это также играет важную роль в формировании вкуса и аромата.

Список литературы

1. Поголовье лошадей в Казахстане выросло на 5,4% - до 4 миллионов голов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dairynews.today/kz/news/pogolove-loshadey-v-kazakhstane-vyroslo-na-5-4-do-4-millionov-golov.html.
2. Конина дорожает а ее производство падает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://iapn.kz/articles/Economy/konina_dorozhaet_a_ee_proizvodstvo_padaet/.
3. Импорт мяса Казахстаном: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.korovainfo.ru/news/import-myasa-kazakhstanom-problemy-i-perspektivy/.
4. Рыспаева, У.А. Технология производства ферментированной полукопченой колбасы [Текст] / У.А. Рыспаева, Ш.Б. Байтукенова, С.Б. Байтукенова // Вестник АТУ. – 2023. – №2. – С. 131-139.
5. Курбаков, К.А. Методологические подходы к идентификации технологически значимой микрофлоры сырокопчёных колбас с использованием ПЦР [Текст] / К.А. Курбаков, М.Ю. Минаев, Д.С. Батаева // Журнал «Всё о мясе». – 2014. – №4. – С. 24-26.
6. Яруллина, Д.Р. Бактерии рода Lactobacillus: общая характеристика и методы работы с ними [Текст]: учебно-методическое пособие / Д.Р. Яруллина, Р.Ф.

Фахруллин. – Казанский (приволжский) федеральный университет, 2014. – 51 с.
7. Videnmann A.V., SHiffer S. Dzh., Ermann M.A., Fogel R.F. Impact of different sugars and glycosyltransferases on the assertiveness of Latilactobacillus sakei in raw sausage fermentations // International Journal of Food Microbiology. – 2022. – P. 109575.
8. Bingol E.B., Kitigoly G., Eker F.I. Effect of Starter Cultures Combinations on Lipolytic Activity and Ripening of Dry Fermented Sausages // Italian Journal of Animal Science. – 2014. – P. 776-781.
9. Mati M., Magala M., Karovichova Dzh., Staruh L. The influence of Lactobacillus paracasei LPC-37 on selected properties of fermented sausages. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2015. – Vol. 9. – No. 1. – P. 58-65.
10. Behera S.S., Ray R.C., Zdolec N. Lactobacillus plantarum with Functional Properties: An Approach to Increase Safety and Shelf-Life of Fermented Foods // Biomed Research International. – 2018. – Vol. 28. – P. 9361614.
11. Perea-Sanz L., López-Díez J.J., Belloch C., Flores M. Counteracting the effect of reducing nitrate/nitrite levels on dry fermented sausage aroma by Debaryomyceshansenii inoculation. // Meat Science. – 2020. – P. 164.

Материал поступил в редакцию 22.04.25, принят 20.05.25.

М. Ілиясқызы[1], Я.М. Ұзақов[2], Л.А. Каимбаева[3], Ш.Ы. Кененбай[2], Л.Қ. Калашинова[4], У.Ш. Чоманов[5]

[1]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан
[3]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан
[4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан
[5]Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан

ҚАЙНАТЫЛҒАН-ЫСТАЛҒАН ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ ЫСТАЛҒАН ЖЫЛҚЫ ЕТІНЕН ЖАСАЛҒАН БҰЙЫМДАР ӨНДІРІСІНДЕГІ СҮТ ҚЫШҚЫЛЫ БАКТЕРИЯЛАРЫ ШТАММДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақала зерттеу барысында өндірілген жартылай ысталған шұжықтардың флорасын анықтауға арналған, бұл оның қасиеттерін әрі қарай зерттеуге және жылқы етінен жартылай ысталған шұжықтарды өндіруде қолдануға мүмкіндік береді. Мақалада жылқы еті мен ет өнімдерінің әлемдік нарығының қазіргі жағдайы сипатталған; шұжық өнімдерін, оның ішінде жартылай ысталған шұжықтарды өндіру. Ашыту дақылдарын: дайын қайнатылған-ысталған қазынаны және жартылай ысталған шұжықты пайдалана отырып, жылқы етінен өнімдер өндіру технологиясы әзірленді. Жартылай ысталған шұжық өндірісінің негізгі шикізаты ретінде жамбас бөлігі қолданылады, ол орақ кесілгеннен кейін қалады. Біз дайын өнімдердің сапалық сипаттамаларын салыстырдық, аминқышқылдары мен май қышқылдарының құрамын зерттедік. Стартер дақылдары мен бақылау үлгісін қоса отырып, жартылай ысталған шұжықтардың органолептикалық көрсеткіштерінің салыстырмалы сипаттамасы жүргізілді. Үлгілер салыстырылды: pH мәні, ақуыздың массалық үлесінің мөлшері және микробиологиялық көрсеткіштер. Жартылай ысталған шұжықтардағы маңызды микробтық флораны анықтау мақсатында сүт қышқылы бактериялары үшін элективті қоректік ортаға тестілеу жүргізілді.

Тірек сөздер: жартылай ысталған шұжықтардағы Флора, ашытылған ет өнімдері, бастапқы дақылдар, сүт қышқылы бактерияларының штамдары, амин қышқылдары, май қышқылдары, микроорганизмдерді анықтау.

M. Iliaskyzy[1], Y.M. Uzakov[2], L.A. Kaimbaeva[3],
Sh.Y. Kenenbai[2], L.K. Kalashinova[4], U.Ch. Chomanov[5]

[1]Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[3]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
[4]S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan
[5]Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH OF PROPERTIES OF LACTIC ACID BACTERIA STRAINS IN THE PRODUCTION OF BOILED-SMOKED AND SEMI-SMOKED PRODUCTS FROM HORSE MEAT

Abstract. This article is devoted to the identification of the flora of semi-smoked sausages produced during the research, which will allow further study of its properties and use in the production of semi-smoked sausages from horsemeat. The article describes the current state of the world market of horsemeat and meat products; production of sausage products, including semi-smoked sausages. The technology of production of products from horse meat using starter cultures is developed: finished cooked-smoked kase and semi-smoked sausage. As the main raw material for the production of semi-smoked sausage we use the hip part, which remains after cutting off the sting. We compared the qualitative characteristics of finished products, studied the amino acid and fatty acid composition. We carried out a comparative description of organoleptic indicators of semi-smoked sausages with the addition of starter cultures and the control sample. The samples were compared by: pH value, content of mass fraction of protein and microbiological indicators. The testing of elective nutrient medium for lactic acid bacteria to identify significant microbial flora in semi-smoked sausages has been carried out.

Keywords: Flora in semi-smoked sausages, fermented meat products, starter cultures, lactic acid bacteria strains, amino acids, fatty acids, identification of microorganisms.

References

1. The number of horses in Kazakhstan increased by 5.4% - to 4 million heads [Electronic resource]. - Access mode: https://dairynews.today/kz/news/pogolove-loshadey-v-kazakhstane-vyroslo-na-5-4-do-4-millionov-golov.html. [in Russian].
2. Horse meat is becoming more expensive, but its production is falling [Electronic resource]. - Access mode: https://iapn.kz/articles/Economy/konina_dorozhaet_a_ee_proizvodstvo_padaet/. [in Russian].
3. Meat import by Kazakhstan: problems and prospects [Electronic resource]. - Access mode: https://www.korovainfo.ru/news/import-myasa-kazakhstanom-problemy-i-perspektivy/. [in Russian].
4. Ryspayeva, U.A., Baytukenova, SH.B., Baytukenova, S.B. Tekhnologiya proizvodstva fermentirovannoy polukopchenoy kolbasy [Technology of production of fermented semi-smoked sausage] // Bulletin of ATU. – 2023. – No. 2. – P. 131-139. [in Russian].
5. Kurbakov, K.A., Minayev, M.YU., Batayeva, D.S. Metodologicheskiye podkhody k identifikatsii tekhnologicheski znachimoy mikroflory syrokopchonykh kolbas s ispol'zovaniyem PTSR [Methodological approaches to the identification of

technologically significant microflora of dry-cured sausages using PCR] // Magazine «All about meat». – 2014. – No. 4. – P. 24-26.

6. Yarullina, D.R., Fakhrullin, R.F. Bakterii roda Lactobacillus: obshchaya kharakteristika i metody raboty s nimi [Bacteria of the genus Lactobacillus: general characteristics and methods of working with them]: teaching aid. – Kazan (Volga Region) Federal University, 2014. – 51 p. [in Russian].
7. Videnmann A.V., SHiffer S. Dzh., Ermann M.A., Fogel R.F. Impact of different sugars and glycosyltransferases on the assertiveness of Latilactobacillus sakei in raw sausage fermentations // International Journal of Food Microbiology. – 2022. – P. 109575.
8. Bingol E.B., Kitigoly G., Eker F.I. Effect of Starter Cultures Combinations on Lipolytic Activity and Ripening of Dry Fermented Sausages // Italian Journal of Animal Science. – 2014. – P. 776-781.
9. Mati M., Magala M., Karovichova Dzh., Staruh L. The influence of Lactobacillus paracasei LPC-37 on selected properties of fermented sausages. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2015. – Vol. 9. – No. 1. – P. 58-65.
10. Behera S.S., Ray R.C., Zdolec N. Lactobacillus plantarum with Functional Properties: An Approach to Increase Safety and Shelf-Life of Fermented Foods // Biomed Research International. – 2018. – Vol. 28. – P. 9361614.
11. Perea-Sanz L., López-Díez J.J., Belloch C., Flores M. Counteracting the effect of reducing nitrate/nitrite levels on dry fermented sausage aroma by Debaryomyceshansenii inoculation. // Meat Science. – 2020. – P. 164.

IRSTI 65.59.29

Z.T. Nurseytova[1] – *main author*,
G.Zh. Nurynbetova[2], B.Zh. Muldabekova[3],
S.N. Myrzaly[4], M.A. Yakiyayeva[5]

©

[1]Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, [2]Master,
[3]Candidate of Technical Sciences, Professor, [4]Master's student,
[5]PhD, Associate Professor

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-1057-533X [2]https://orcid.org/0000-0002-2391-3633*
[3]https://orcid.org/0000-0003-1848-4288 [4]https://orcid.org/0009-0005-2640-8113
[5]https://orcid.org/0000-0002-8564-2912

[1,2,4]South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan
[3,5]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

@ *[5]yamadina88@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XKGK4405

DEVELOPMENT OF SAFE TECHNOLOGY FOR MEAT PRODUCTS MADE ON THE BASIS OF COMPOSITE ADDITIVES

Abstract. Modern food industry trends are aimed at increasing the nutritional value of products, enhancing their functional properties, and optimizing production efficiency. One promising direction is the inclusion of plant-based ingredients in meat product formulations. This article explores the development of a safe and cost-effective technology for meat products through the use of composite additives based on legumes (pea, soybean, lentil) and vegetables (carrot, beetroot, pumpkin). The aim of the research was to create meat products with enhanced nutritional and biological value by incorporating functional composite mixtures of plant origin. The main objectives included selecting the optimal composition of such blends and evaluating their impact on the physicochemical, structural-mechanical, and organoleptic properties of meat systems. The scientific and practical significance of the study lies in the development of ecologically clean, nutritionally enriched food products that meet modern safety and quality standards. The methodology involved laboratory modeling of recipes with varying plant-based additives and comprehensive evaluation of the resulting samples in terms of sensory, technological, and hygienic parameters. The experimental results demonstrated that incorporating composite blends significantly improved the nutritional value of meat products by enriching them with plant proteins, dietary fiber, vitamins, and minerals. The addition of vegetable ingredients enhanced the appearance, taste, and color of the products without the need for artificial additives. Improvements in texture and shelf life were also observed. This study contributes to the advancement of functional meat product technologies. Its practical relevance lies in the potential industrial application of the developed formulations with minimal cost and maximum benefit to the consumer.

Keywords: meat product, horse meat, composite mix, beans, carrots.

Nurseytova Z.T., Nurynbetova G.Zh., Muldabekova B.Zh., Myrzaly S.N., Yakiyayeva M.A. Development of safe technology for meat products made on the basis of composite additives //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.75-81.
https://doi.org/10.55956/XKGK4405

Introduction. Nutrition, built on a scientific basis, is the most important component of the complex of factors that form the social conditions of life and reproduction of the population [1]. In this regard, programmes to improve the health of the population by expanding the range of functional foods with a directionally modified biochemical composition are becoming increasingly common in many countries of the world [2,3]. The key aspect in solving these problems is the scientifically substantiated selection of promising sources of raw materials with high sanitary-hygienic and medical-biological parameters [4].

In recent years, functional food products are increasingly developed and consumed, the component composition of which simultaneously contains various functional ingredients (prebiotics, mineral salts, dietary fibres, antioxidants) [5], the combination of which is based on a synergistic effect on physiological, biochemical and behavioural reactions of the human body [6,7].

Functional properties of meat products are usually improved by correcting their composition of fatty acids, amino acids and mineral substances, as well as enrichment with micronutrients. Establishing the possibility of using natural additives with antioxidant effect in the technology of meat products to preserve their quality, improve biological efficiency and safety, and increase shelf life determines the relevance of the study [8].

Perspective of development of compositions with high functional properties for achievement of technological and preventive purposes in various food systems is actual today, especially at reception of meat systems of combined type. In this regard, it is necessary to create compositions with certain functional properties, regulating the quality and compensating the deficiencies of meat raw materials.

At present, the possibility of using composite mixtures based on legumes and carbohydrate-containing raw materials in the composition of meat systems, in particular root crops such as beetroot and carrots, due to their high nutritional value and functional-technological properties [9]. These crops are also a source of dietary fibre (DF) and contribute significantly to increasing the resistance of the human body to harmful environmental influences and have sorption properties, thus providing a safe technology for the preparation of meat products [10].

The aim of the work is to develop and study the properties of compositions based on plant resources with functional properties with a view to their use in the safe technology of meat products.

Materials and methods. Composite mixtures with different content of legumes and vegetables were developed for the study. The minced horse meat was used as a base. The following indicators were studied: chemical composition (moisture content, protein, fat, carbohydrates); organoleptic characteristics (taste, smell, colour, consistency); Analyses were carried out using standard methods of laboratory control and sensory evaluation.

Research results and discussion. In recent years, the increase in demand for horse meat products is caused by the high biological value of this type of meat and especially by the fact that horse meat is not only a dietary product, but also used for preventive and therapeutic nutrition, as horse meat is more easily digested by the human body, due to the features of protein and unique fatty acid properties.

We have developed a recipe for the preparation of minced horse meat with the addition of protein-carbohydrate complex on the basis of beans and carrots.

For this purpose, at the first stage we developed a recipe of protein-carbohydrate complex (PCC) on the basis of beans and carrots for horse meat steaks (Table 1).

Table 1

Composition of protein-carbohydrate complex (per 1000 g of dry complex)

Component	Quantity, g	Purpose
Bean flour (red)	400	Source of protein (up to 22%), fibre and complex carbohydrates
Carrot powder	250	Improves colour, contributes natural sugars and carotenoids
Oat flour	150	Increases viscosity, retains moisture, makes steaks juicier
Wheat dietary fibre	100	Reduces shrinkage, improves mince texture
Soy protein isolate	50	Complements amino acid composition, improves structure
Pectin	50	Natural thickener, stabilises the structure of steaks

Further, a recipe for the preparation of minced horse meat with the addition of protein-carbohydrate complex based on beans and carrots was developed and studied to determine the optimal concentration of the additive (Table 2). Different amounts of protein-carbohydrate complex in dry form at the initial stage of minced meat preparation were used in the formulation of horse meat steaks.

Table 2

Recipe for preparation of minced horse meat with the addition of protein-carbohydrate complex

Raw material	Control	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3
Raw materials not salted, kg per 100 kg				
Horse meat, trimmed, 1st grade	87.0	85.0	84.0	83.0
Horse fat	15.0	15.0	15.0	15.0
Protein-carbohydrate complex	-	2.0	3.0	4.0
Salt per 100 kg of unsalted raw material	2000	2000	2000	2000

Technology of application in beefsteaks:

1. Mix dry protein-carbohydrate complex with water (200 ml per 100 g of mixture), leave for 10-15 minutes to swell.
2. Add to minced horse meat, mix thoroughly until smooth.
3. Form beefsteaks, leave for 30 minutes to stabilize the structure.
4. Fry in a frying pan or bake at a temperature of 180-200°C.

The study of organoleptic characteristics of horse meat steaks with a protein-carbohydrate complex (PCC) based on beans and carrots showed that adding 3% PCC to achieve an optimal balance of taste, juiciness and texture is the best option. The assessment was carried out on a 5-point scale (Table 3).

The organoleptic data of horse meat steaks with protein-carbohydrate complex (PCC) showed that adding 2% PCC has virtually no effect on the appearance and taste, the steaks remain juicy, soft, with a slight sweetish tint due to carrots. With 3% PCC, the density of the steak slightly increases, but good juiciness is maintained, the color becomes slightly lighter. With 4% PCC, a slight decrease in the intensity of meat flavor is observed, the steak becomes slightly denser and drier.

Table 3
Assessment of the effect of adding a protein-carbohydrate complex (PCC) from beans and carrots in an amount of 2%, 3%, 4% on the organoleptic characteristics of horse meat steaks

Parameter	Characteristic	Control (0%)	2% PCC	3% PCC	4% PCC
Appearance	Uniformity of color, shape, presence of cracks	4.8	4.6	4.7	4.5
Color	Compliance	4.9	4.7	4.8	4.6
Smell	With natural meat shade	4.9	4.7	4.8	4.6
Taste	Meat aroma, presence or absence of foreign odors	4.4	4.6	4.7	4.4
Consistency	Saturation, balance of sweetness and meat flavor	4.4	4.7	4.8	4.6
Overall rating		4.68	4.66	4.76	4.54

Physicochemical parameters of horse meat steaks with the addition of protein-carbohydrate complex (PCC) based on beans and carrots are shown in Table 4.

The following parameters were analyzed: moisture mass fraction (%) determines the juiciness of the product; protein mass fraction (%) is an important indicator of nutritional value; fat mass fraction (%) affects taste and texture; carbohydrate mass fraction (%) evaluates the effect of PCC on the composition; pH of the medium determines the acidity level and the effect of PCC on microbiological stability; losses during heat treatment (%) measures the decrease in weight during frying/baking.

Table 4
Evaluation of changes in the physicochemical parameters of horse meat steaks with the addition of 2%, 3% and 4% protein-carbohydrate complex (PCC) based on beans and carrots

Indicator	Control (0%)	2% PCC	3% PCC	4% PCC
Moisture content, %	67.2	68.5	69.3	70.1
Protein content, %	21.8	21.5	21.3	21.0
Fat content, %	6.5	6.2	6.0	5.8
Carbohydrate content, %	1.2	2.5	3.5	4.8
PH of the medium	5.9	6.0	6.1	6.2
Losses during frying, %	32.5	28.7	26.3	24.8

The analysis of the results of the physicochemical parameters of horse steaks showed that the humidity increases with the addition of PCC, since bean flour and dietary fiber retain water. With 4% PCC, the steaks are the juiciest. In terms of protein, the data show a slight decrease (up to 1%) due to the dilution of meat raw materials with plant components. Fat content decreases, since PCC does not contain fats. Carbohydrates increase with an increase in PCC due to carrot powder and bean starch. pH increases, which can have a positive effect on juiciness and microbiological stability. Thermal losses decrease with an increase in PCC – this is due to moisture retention and a decrease in fat rendering.

Based on the study of the quality indicators of model minced meat systems, taking into account the organoleptic indicators, the optimal level of introduction of the pumpkin protein-carbohydrate component based on beans and carrots in the amount of 3% PCC in the recipe for horse meat steaks was established. With such a quantitative additive, the juiciness of the finished product increases (humidity –

69.3%), a good balance of proteins and carbohydrates is maintained, losses during heat treatment are minimized (26.3%), an improvement in taste characteristics is observed due to carrot sugars and bean proteins.

Conclusion. The use of composite mixtures based on legumes and vegetables in meat systems is a promising direction that allows to create products with high nutritional value, improved technological characteristics and affordable cost. The introduction of composite mixtures increased the nutritional value due to the content of vegetable protein, dietary fibre and trace elements. In terms of appearance, vegetable additives gave the products a richer taste and colour without the use of artificial dyes. The presence of natural antioxidants slowed down fat oxidation processes and will lead to a longer shelf life.

References

1. Babadzhanova A., Pazilova S.B To the issue of nutrition in the aspect of physiology // European science review. – 2018. – Vol. 2. – P. 36-37.
2. Dolmatova I.A., Latypova S.SH. Produkty funktsional'nogo naznacheniya v pitanii naseleniya [Functional-purpose products in the nutrition of the population] // Young scientist. – 2016. – No. 7 (111). – P. 63-65. [in Russian].
3. Zheorzhesku CH., Byrke A.G., Myachikova N.I. Funktsional'nyye produkty pitaniya v Yevrope [Functional foods in Europe] // Scientific result. Business and service technologies. – 2016. – No. 3 (9). – P. 39-43. [in Russian].
4. Hite A., Bernstein L. Functional foods: Needs, claims, and benefits // Nutrition. – 2011. – No. 28. – P. 338-9.
5. Gornaleva S.V., Chubukova D.N., Kurchayeva Ye.Ye., Titova I.G., Tertychnaya T.N. Razrabotka kompozitnykh smesey dlya obogashcheniya produktov pitaniya [Development of composite mixtures for food enrichment] // International Student Scientific Bulletin. – 2016. – No. 3-2. – P. 184-185. [in Russian].
6. Bondar M. Functional products, their properties and functions // The Scientific Heritage. – 2020. – No. 56-1. – P. 6-15.
7. Natarajan T.D., Ramasamy J.R., Palanisamy K. Nutraceutical potentials of synergic foods: a systematic review // J. Ethn. Food. – 2019. – No. 27.
8. Ukrainets A.I., Pasichniy V.M., Zheludenko Y.V. Antioxidant plant extracts in the meat processing industry // Biotechnol. acta. – 2016. – No. 2. – P. 19-27.
9. Shentsova Ye.S., Vostroilov A.V., Kurchayeva Ye.Ye., Maksimov I.V. Razrabotka tekhnologicheskikh podkhodov k polucheniyu myasnykh sistem na osnove resursov krolikovodstva i rastitel'nykh kompozitov [Development of technological approaches to obtaining meat systems based on rabbit breeding resources and plant composites] // VSUET Bulletin. – 2018. – No. 4 (78). – P. 259-268. [in Russian].
10. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechayev A.P., Tarasova V.V., Filatova A.A. Pishchevyye volokna v produktakh pitaniya [Dietary fiber in food products] // Food industry. – 2007. – No. 5. – P. 8-10. [in Russian].

Received: 29 January 2025
Accepted: 6 June 2025

З.Т. Нурсеитова[1], Г.Ж. Нурынбетова[1],
Б.Ж. Мулдабекова[2], С.Н. Мырзалы[1], М.А. Якияева[2]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚОСПАЛАР НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН ЕТ ӨНІМІНІҢ ҚАУІПСІЗ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

Аңдатпа. Қазіргі заманауи тағам өнеркәсібі өнімдердің тағамдық құндылығын арттыруға, олардың функционалдық қасиеттерін кеңейтуге және өндірістік үдерістердің экономикалық тиімділігін қамтамасыз етуге бағытталған. Осыған байланысты ет өнімдерінің құрамына өсімдік текті шикізатты енгізу перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Бұл мақалада бұршақ тұқымдастар (бұршақ, соя, жасымық) мен көкөністерге (сәбіз, қызылша, асқабақ) негізделген композициялық қоспаларды қолдану арқылы ет өнімдерінің қауіпсіз және тиімді технологиясын әзірлеу мәселесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – функционалдық және технологиялық артықшылықтары бар өсімдік текті композициялық қоспаларды қолдана отырып, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары қауіпсіз ет өнімдерін дайындау технологиясын жасау. Негізгі міндеттер – бұршақ тұқымдастар мен көкөністер негізіндегі композициялық қоспалардың оңтайлы құрамын анықтау және олардың ет өнімдерінің физика-химиялық, құрылымдық-механикалық және органолептикалық қасиеттеріне әсерін бағалау. Жұмыстың ғылыми және қолданбалы маңыздылығы – экологиялық таза, байытылған және сапалы өнімдер дайындау арқылы тағам қауіпсіздігі талаптарына жауап беретін технологияларды дамыту. Зерттеу әдістемесі әртүрлі өсімдік текті қоспалар қосылған рецептураларды зертханалық деңгейде үлгілеуді және алынған үлгілерге органолептикалық, технологиялық және санитарлық-гигиеналық көрсеткіштер бойынша кешенді бағалау жүргізуді қамтыды. Эксперимент нәтижелері композициялық қоспаларды қосу арқылы ет өнімдерінің тағамдық құндылығының артқанын көрсетті – өсімдік ақуыздары, тағамдық талшықтар, дәрумендер мен минералдар есебінен. Көкөністік қоспалар өнімдердің түсін және дәмін жақсартып, жасанды бояғыштарды қолданусыз-ақ тартымды органолептикалық сипаттамаларға қол жеткізуге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, құрылымы жақсарып, сақтау мерзімі ұзартылды. Зерттеу нәтижелері ет өнімдерін функционалдық бағытта жаңғыртуға өз үлесін қосады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы – ұсынылған рецептураларды өнеркәсіптік жағдайда тиімді түрде енгізу мүмкіндігінде.

Тірек сөздер: ет өнімі, жылқы еті, композициялық қоспа, үрмебұршақ, сәбіз.

З.Т. Нурсеитова[1], Г.Ж. Нурынбетова[1],
Б.Ж. Мулдабекова[2], С.Н. Мырзалы[1], М.А. Якияева[2]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДОБАВОК

Аннотация. В современных условиях пищевая промышленность ориентирована на разработку продуктов с высокой пищевой ценностью, расширенными функциональными свойствами и экономически эффективными технологиями производства. Одним из перспективных направлений в этой области является использование растительного сырья в мясных продуктах. Данная статья

посвящена исследованию возможности внедрения композиционных добавок на основе бобовых культур и овощей в рецептуры мясных изделий с целью повышения их пищевой и биологической ценности, улучшения органолептических характеристик и увеличения срока хранения. Целью проведённого исследования стало создание безопасной и ресурсосберегающей технологии мясных продуктов с использованием композитных смесей из растительного сырья, обладающих функциональными и технологическими преимуществами. Основными задачами являлись выбор рационального состава композиций на основе гороха, сои, чечевицы, моркови, свеклы и тыквы, а также оценка их влияния на физико-химические, структурно-механические и органолептические свойства мясных изделий. Научная и практическая значимость работы обусловлена направленностью на разработку экологически чистых и обогащённых пищевых продуктов, соответствующих современным требованиям безопасности и качества. Методология исследования включала лабораторное моделирование рецептур с различными вариантами растительных добавок, проведение комплексной оценки полученных образцов по органолептическим, технологическим и санитарно-гигиеническим показателям. Результаты экспериментов показали, что добавление композитных смесей значительно повышает пищевую ценность мясных продуктов за счёт растительного белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Овощные компоненты улучшили внешний вид изделий, придавая им насыщенный цвет и вкус без необходимости использования искусственных красителей. Кроме того, наблюдалось улучшение текстуры и увеличение срока хранения изделий. Проведённое исследование вносит вклад в развитие технологий функциональных мясных продуктов и подтверждает целесообразность использования растительных ингредиентов в составе мясных систем. Практическая значимость работы заключается в возможности адаптации разработанных рецептур в условиях промышленного производства с минимальными затратами и максимальной пользой для потребителя.

Ключевые слова: мясной продукт, конина, композитная смесь, фасоль, морковь.

ҒТАМР 65.29.31

А.С. Умирбекова[1] – *негізгі автор*, ©
А.С. Боранкулова[2], А.К. Садибаев[3], С.А. Орынбаев[4], М.Е. Ержанова[5], Б.Е. Солтыбаева[6], Л.Ж. Алашбаева[7]

[1]Магистр, аға оқытушы , [2,6,7]PhD, қауымдас. профессор м.а., [3]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор м.а., [4]PhD, қауымдас. профессор, [5]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-8175-1030 [2]https://orcid.org/0000-0002-1229-753X [3]https://orcid.org/0000-0003-0427-3025 [4]https://orcid.org/0000-0002-5077-7219 [5]https://orcid.org/0000-0002-6496-2693 [6]https://orcid.org/0000-0002-3260-4429 [7]https://orcid.org/0000-0003-3099-5988*

[1,2,3,4,5,6,7]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

@ *[1]ali_asel@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/PAUA6927

БОГАРНАЯ-56 СОРТЫНАН АЛЫНҒАН БИДАЙ ҰНЫН НАУБАЙХАНАДА ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ

Аңдатпа. М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің халықаралық инженерлік академиясының академигі, т.ғ.д., профессор А.С. Ахметов атындағы «Наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ҒЗЗ-да, «Тамақ өндірісі және биотехнология» кафедрасының зертханаларында Жамбыл облысында (Меркі және Т. Рысқұлов аудандарында) өсірілген Богарная-56 сортты бидай дәнінен алынған ұнның физика-химиялық қасиеттеріне зерттеу жүргізілді. Ұсынылған үлгілерді зерттеу барысында ұнның сапалық көрсеткіштерін бағалаудың әртүрлі әдістері мен тәсілдері қолданылды. Зерттеуге алынған нысандардың химиялық құрамы анықталынды, бұл өз кезегінде сынақ нан пісіруге арналған рецептураны жасауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижесінде алынған эксперименттік мәліметтерге сүйене отырып, Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) сортынан алынған бірінші сұрыпты бидай ұны, басқа ұндармен салыстырғанда құрамындағы ақуыздың жоғары мөлшерімен, яғни 17,3% болуымен ерекшеленді. Ақуыз мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғырлым ұн нан пісіруге қолайлы болады.

Тірек сөздер: бидай, ұн, қамыр, наубайханалық қасиеттері, физика-химиялық көрсеткіштері, зертханалық сынақ нан, дегустация.

Умирбекова, А.С. Богарная-56 сортынан алынған бидай ұнын наубайханада қолдану перспективасы [Мәтін] / А.С. Умирбекова, А.С. Боранкулова, А.К. Садибаев, С.А. Орынбаев, М.Е. Ержанова, Б.Е. Солтыбаева, Л.Ж. Алашбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.82-92. https://doi.org/10.55956/PAUA6927

Кіріспе. Қазақстанның нан өнеркәсібі агроөнеркәсіптік кешенінің тиімділігі жоғары және қарқынды дамып келе жатқан маңызды саласының бірі. Нан өнеркәсібінің негізгі міндеттерінің бірі – тұтынушылық қасиеттері жоғары, сапалы, жақсы өнімдер шығару болып табылады. Дегенмен,

өсірілетін бидайдың түрлері мен сортындағы, өсіру мен жинаудағы ауа-райының климаттық және агротехникалық жағдайларындағы, сақтау режимдеріндегі және астықты өңдеудің технологиялық схемаларындағы айырмашылықтар ұнның, дайын өнім сапасының әр түрлі болатындығын анықтайды [1,2].

Жамбыл облысында ең көп таралған күздік бидайдың сорттары Стекловидная 24, Безостая 1, Богарная-56 өсіріледі, олар ең күшті бидай класына жатады, бұл бидайлар нан пісіруге арналған жақсы сападағы ұн алуға мүмкіндік береді.

Наубайхана өндірісінің технологиялық процесіндегі маңызды сатылардың бірі нан пісіруге арналған қамырды дайындау болып табылады. Нан пісіруге арналған қамырды қалыптастыру үшін қажетті негізгі компоненттерге: ұн, су, тұз, ашытқы және шикізаттың басқа түрлері жатады, олардың арақатынасы рецептура деп аталады.

Зерттеудің мақсаты Богарная-56 күздік жұмсақ бидайынан алынған бірінші сортты ұнының қамырын дайындау процестеріне және нанның органолептикалық, физика-химиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бидай ұнын алу үшін негізгі шикізат ретінде Т. Рысқұлов және Меркі аудандарында өсірілген Богарная-56 сортының күздік жұмсақ бидайы қолданылды.

Наубайханада нан пісіруге арналған бидай ұнының сапасы мен қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің халықаралық инженерлік Академиясының академигі, т.ғ.д., профессор А.С. Ахметов атындағы «Наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ғылыми-зерттеу зертханасында, «Тамақ өндірісі және биотехнология» кафедрасының зертханаларында жүргізілді.

Аталған зертханалар отандық және шетелдік өндірушілердің (Perten Instruments DA 7200 (Швеция) инфрақызыл анализаторымен; Chopin Instruments Rheofermentometer R3 (Франция) және т.б.) астық пен оны қайта өңдеу өнімдерін қауіпсіздік пен сапаға сынау жүргізуге арналған заманауи жабдықтарымен жабдықталған.

Алынған ұнды талдау ҚР СТ Бидай ұны 1482-2005 сәйкес жүзеге асырылады. Жалпы техникалық шарттар. Ұн сынамаларын алу МЕМСТ 27668 сәйкес жүзеге асырылды, ұнның түсін, дәмін, иісін және қытырлақ болуын анықтау МЕМСТ 27558 бойынша, ұнның ылғалдылығын анықтау МЕМСТ 9404 бойынша, ұнның күлділігін анықтау МЕМСТ 27494 бойынша, ұнның ақтығын анықтау МЕМСТ 26361 бойынша, Глютоматика жүйесі бойынша ұнның желімтегінің мөлшері мен сапасын анықтау МЕМСТ 27558 бойынша, ұнның түсу санын анықтау МЕМСТ 27676, бойынша, ақуызды анықтау МЕМСТ 10846 бойынша, қышқылдықты анықтау МЕМСТ 27493 бойынша жүзеге асырылды.

Зертханалық сынақ нан пісіру МЕМСТ 27669 сәйкес жүзеге асырылды. Бидай ұнынан алынған нанның органолептикалық көрсеткіштері МЕМСТ 5667 сәйкес, нан жұмсығынын ылғалдылығын анықтау МЕМСТ 21094 бойынша, нан жұмсағынын қышқылдығын анықтау МЕМСТ 5670 бойынша, нан жұмсағынын кеуектілігін анықтау МЕМСТ 5669 бойынша анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) және Богарная-56 (Меркі ауданы) сорттарының бидай дәнінен алынған ұн Chopin (Франция) CD 1 зертханалық диірменінде ұнтақталынды [3,4].

Сапалы бидай ұнын алу технологиясы астық массасын әртүрлі қоспалардан тазартуды көздейді. Астықты тазарту қолмен жүзеге асырылады.

CD 1 зертханалық диірменінде бидай дәнін ұнтақтау (бидай сорттарының үлгілері үшін 2 кг артық емес) келесі ретте жүргізілді:

– дәннің ылғалдылығы оның шынылығына байланысты 16,5-17,5% дейін жеткізіледі;

– Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) бастапқы W – 10,3% болғандықтан, 144 мл мөлшерінде су қосылды;

– Богарная-56 (Меркі ауданы) W – 9,7%, 180 мл мөлшерінде су қосылды.

Жабық ыдыстардағы суға салынған астық 8-12 сағатқа дейін аралықта бөктірілді.

Бұл зертханалық диірменде, бидай дәнінен, зауыттық жолмен алынған ұнның химиялық көрсеткіштері мен реологиялық қасиеттері бойынша ұқсас ұн сынамасын алуға мүмкіндік береді.

Бидай дәнін ұнтақтау кезінде зерттеуге жарамды ұн алу үшін екі рет өткізілуі қажет.

Бір үлгіні ұнтақтау ұзақтығы 12-15 минуттан аспады. Бірінші және екінші ұнтақтау жүйесінен алынған ұн біріктіріліп, қайта ұнтақтауға жіберіледі. Алынған бидай ұнының үлгілері 1-суретте келтірілген.

а) б)

а) Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны, (Меркі ауданы); б) Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Т. Рысқұлов ауданы).

Сурет 1. Зертханалық талдауға алынған бидай ұнының үлгілері

Зертханалық нан пісіруге арналған зерттелетін үлгілерден алынған бірінші сортты бидай ұнының сапасы оның нан пісіруге жарамдылығын анықтайтын физика-химиялық және наубайханалық қасиеттерімен сипатталады.

Бірінші сортты бидай ұны сапасының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері Perten instruments (Швеция) фирмасының DA 7200 инфрақызыл анализаторының көмегімен анықталды [5]. Бірінші сұрыпты бидай ұнының сапасының физика-химиялық көрсеткіштерін талдау нәтижелері 2-суретте келтірілген.

Сурет 2. Ұнның химиялық құрамын талдау нәтижелері

Алынған эксперименттік мәліметтерге сүйене отырып, Богарная-56 сортынан алынған бірінші сортты бидай ұны, басқа ұндармен салыстырғанда құрамындағы ақуыздың жоғары 17,3% болуымен ерекшеленді (Т. Рысқұлов ауданы). Ұнның құрамындағы ақуыз мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғырлым ұн нан пісіруге қолайлы болады.

Ұнның құрамындағы желімтектің мөлшері мен сапасы ұнның наубайханалық артықшылықтарын анықтаудың негізгі факторы болып табылады. Ұнның құрамындағы шикі желімтектің мөлшері Глютоматик жүйесінде анықталды. Глютоматик жүйесінде желімтекті жуу процесінде жасалған есептеулер бойынша Богарная-56 (Т. Рысқұлов ауданы) және Богарная-56 (Меркі ауданы) сорттарындағы желімтек индексі 95-тен 97-ге дейін екендігін көруге болады.

Ұнның газ түзу қабілетін анықтау үшін заманауи әдіс қолданылды, яғни Chopin (Франция) фирмасының Rheofermentometer R3 құралының көмегімен анықталды, ол стандарттарға сәйкес келеді және тест үлгісінде болып жатқан процестерді талдауға қызмет етеді [6-8]. Ұнның газ түзу қабілеті бидай ұны, су және ашытқы үлгілерінен иленген қамырды ашыту кезінде белгілі бір уақыт аралығында бөлінетін көмірқышқыл газының мөлшерімен сипатталады. 1-кестеде шикізаттар мөлшері мен реоферментометрдің режимдік параметрлері келтірілген.

Кесте 1

Шикізаттар мөлшері мен реоферментометрдің режимдік параметрлері

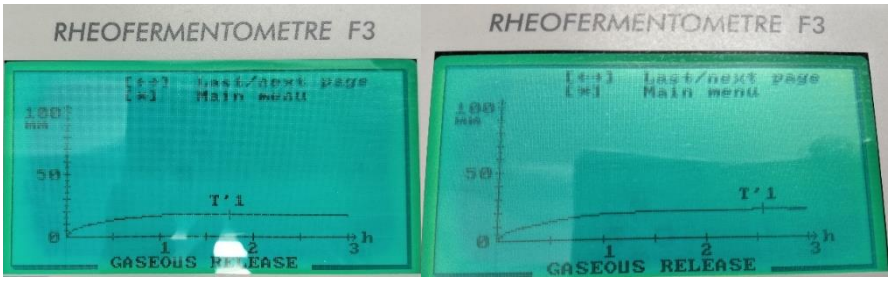
Көрсеткіштер	Мөлшері
Талдау жүргізудің температурасы, °С	28,9
Ұн, г	250
Құрғақ/престелген ашытқы, г	3/7
Тұз, г	5
Талданатын үлгінің салмағы, г	315
Үлгіге қойылатын жүк салмағы, кг	2
Талдаудың ұзақтылығы, сағ	3

Әртүрлі үлгілерден алынған ұнның газ түзу қабілетінің эксперименттік мәлеметтері 2-кестеде және 3-суретте келтірілген.

Кесте 2

Ұнның газ түзу қабілетінің көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Нан пісіретін бидай ұны, бірінші сұрып (Мерке ауданы)	Нан пісіретін бидай ұны, бірінші сұрып (Т. Рыскулов ауданы)
Қамырдың көтерілу уақыты, сағ және мин (T1)	03.00	03.00
Газ шығарудың максималды мәні, мм (Hm)	26,8	20,4
Жүктеме кезіндегі қамырдың максималды биіктігі, мм (Hm)	26,8	25,9
Талдау жүргізудің соңындағы қамырдың көтерілу биіктігі, мм (h)	26,8	25,9
Қамырдың кеуектерін қалыптастыру үшін қажетті уақыт, мин (Tx)	01 сағ. 45	02 сағ. 34
Ұнның газ түзу қабілеті, мл	420	479
Сақтау көлемі, мл	419	477
Газды ұстау коэффициенті, %	99,6	99,6



а) б)

а) Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны, (Меркі ауданы); б) Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Т. Рысқұлов ауданы).

Сурет 3. Әр түрлі өсу аймақтарындағы бидай сортарынан алынған ұнның газ түзу қабілетін анықтау

Алынған графиктерден ашыту процесінің үш негізгі құраушы компонентін және қамырды пісіруге дайындығын анықтауға болады:

– қамырдың жетілу ұзақтығы;
– қамыр дайындамаларын соңғы жетілдіру ұзақтығы;
– қамырдың ашу ұзақтығы.

Зерттеулерді жүргізу барысында ұнның газ түзу қабілетіндегі айырмашылықтар анықталынды. Т.Рысқұлов ауданында өсірілген бидай дәнінен өңделген бірінші сортты ұнынан алынған қамырдың жетілу ұзақтығы, яғни көмірқышқыл газының бөлінуі 02 сағат 34 минутты құрады, ал Меркі ауданында өсірілген бидайдан өңделген бірінші сортты бидай ұнынан дайындалған қамырдың жетілу ұзақтығы – 01 сағат 45 минут уақытты құрады. Демек, қамырдың ашу ұзақтығы бірінші сортты бидай ұны үшін (Меркі ауданы) қарқынды жүретіндігі белгілі болды.

Реоферментометр F3 қондырғысында газтүзу қабілеті бойынша алынған зертханалық мәліметтер, нан және нан тоқаш өнімдерін дайындау процесінің жалпы ұзақтығын төмендететін, уақыт тұрғысынан қамыр илеу процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, ұнның газ түзу қабілеті – технологиялық процестің жүруі, ашу қарқындылығы, нан қыртысына, дәміне, иісіне және түсіне әсер ететін заттардың жиналуы мен түзілуі үшін маңызды көрсеткіш болып табылады.

Нанның наубайханалық қасиеттерін анықтау үшін алынған ұн үлгілерінен зертханалық сынақ нан пісірілді.

Нан пісіру зауыттарында қолданылатын нан дайындаудың опарасыз әдісінің рецептурасы негізге алынды және 3-кестеде берілген.

Кесте 3

Нан дайындау рецептурасы

Шикізат атауы	Шикізат шығыны, г	
	Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Мерке ауданы)	Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Т. Рыскулов ауданы)
Бірінші сорты наубайханалық бидай ұны	500	500
Наубайханалық құрғақ ашытқы	4	4
Ас тұзы	7,5	7,5
Ауыз су	есептеу бойынша	есептеу бойынша

Зертханалық сынақ нан пісіруді дайындаудың технологиялық режимі келесі көрсеткіштермен: ылғалдылығы, қышқылдығы, ашыту ұзақтығы, қамырды қайтаруы мен саны, қамыр бөліктерінің массасы, қамырды жетілдірудің температуралық режимі және пісірудің ұзақтығы анықталады.

Зертханалық жағдайда қамыр опарасыз әдіспен дайындалды. Қамырдың ылғылдылығы 44,0% және бастапқы температура 28-30°С құрады. Қамыр илеу ұзақтығы 7-8 минут аралығында жүзеге асырылды. Иленген қамыр термостатқа ашытылуы үшін 32-35°С температурада 170 минутқа қойылды. Ашу процесінде қамырды екі рет илеп қайтару жүзеге асырылды. Алғашқы илеуден кейін (60 мин) жартылай фабрикатты органолептикалық көрсеткіштері бойынша бағалау үшін оның барлық массасы қамыр иленген ыдыстарда тексеріледі. Қамырдың сапасы келесі көрсеткіштер бойынша бағаланды: жоғарғы беті, консистенциясы, құрғақтық дәрежесі, қамырдың құрылымы және хош иісі. Қамырды органолептикалық бағалау көрсеткіштері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

Қамырды органолептикалық бағалау көрсеткіштері

Сапа көрсеткіштері	Жартылай фабрикат	
	Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Мерке ауданы)	Бірінші сортты наубайханалық бидай ұны (Т. Рыскулов ауданы)
Жоғарғы беті	сәл дөңес	дөңес
Консистенциясы	әлсіз	қалыпты
Құрғақтық дәрежесі	жабысқақ	құрғақ
Қамыр құрылымы	Ашыған, майда кеуекті құрылым	Ашыған, торлы құрылым
Хош иісі	әлсіз спиртті	

Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, Т. Рысқұлов ауданының бірінші сұрыпты нан пісіруге арналған бидай ұнынан жасалған қамыр ең жақсы көрсеткіштерімен ерекшеленді. Қамырдың беті дөңес, жақсы ашыған және құрылымы торлы болды, бұл өз кезегінде қамырдың қалыпты дұрыс ашытылғандығын көрсетеді. Қамырдың хош иісі әлсіз спиртті.

Қамыр – бидай ұнын нанға айналдыру процесінің негізгі аралық кезеңдерінің бірі. Бұл процес ең жақсы соңғы нан өнімін алатындай дәрежеде қамырдың қасиеттерін өзгерту және реттеу мүмкіндігі бар наубайшының тікелей қатысуымен жүзеге асады. Нанның сапасы туралы сұрақтарды шешуде, қамырдың физикалық қасиетерін зерттеу маңызды рөл атқарады. 5-кестеде қамыр сапасының физика-химиялық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 5

Қамыр сапасының физика-химиялық көрсеткіштері

Сапа көрсеткіштері	Жартылай фабрикат			
	Бірінші сұрыпты бидай ұнынан жасалған қамыр (Меркі ауданы)		Бірінші сұрыпты бидай ұнынан жасалған қамыр (Т. Рысқұлов ауданы)	
	Бастапқы	Соңғы	Бастапқы	Соңғы
Температура, °С	30	31	31	31
Қышқылдық, град	3,4	3,5	3,2	3,5
Қамырдың ылғалдылығы, %	45,0		44,0	

Қамырдың ашу процесі аяқталғаннан кейін қамырды бөлу және дайындамаларды қалыпқа салып 35°С темературада 40 мин аралығында жетілдіру жүргізілді (4-сурет), содан кейін – қамыр дайындамалары пісіруге бағытталды.

1 2

1 – қамыр (Т.Рысқұлов ауданы); 2 – қамыр (Меркі ауданы).

Сурет 4. Қамырды жетілдіру

Қалыпқа салынған қамырды пісіру S400 (Швеция) пешінде 200-220°С температурада наубайхана камерасын ылғалдандырумен жүргізілді. Нанның пісу ұзақтығы 30-35 мин.

Зертханалық сынақ нан үлгілеріне піскеннен соң 3 сағаттан кейін талдаулар жасалынды. Пісірілген үлгілерді іріктеу МЕМСТ 5667 бойынша жүзеге асырылды. Пісірілген нан ылғалдылығының массалық үлесі МЕМСТ 21094-75 бойынша есептелді. Пісірілген нан жұмсағының қышқылдығы МЕМСТ 5670-96 бойынша, ал нан жұмсағының кеуектілігі МЕМСТ 5669-96

бойынша Журавлев аспабында, қалыпты нан үшін – көлемдік шығымы BVM құралында жүзеге асырылды.

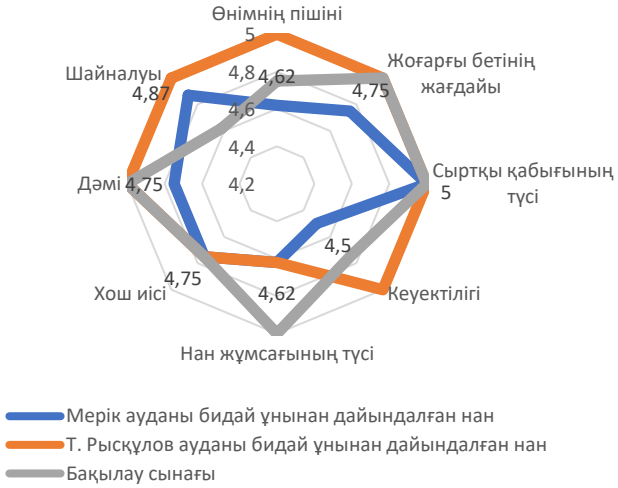
Сонымен, зертханалық нан пісіруді органолептикалық бағалау кезінде оның сыртқы түріне, қыртысының түсіне, нан жұмсағының түсі мен серпімділігіне, кеуектілік күйіне, дәмі мен хош иісіне назар аударылды. 5-суретте зертханада пісірілген нандардың сыртқы түрлері көрсетілген.

1 2 1 2

1 – Т. Рысқұлов ауданы бидай ұнынан дайындалған нан; 2 – Меркі ауданы бидай ұнынан дайындалған нан.

Сурет 5. Зертханалық сынақ нандарының үлгілері

Дайын өнімнің органолептикалық қасиеттерін анықтау кезінде сараптамалық зерттеу әдісі таңдалды, оның нәтижелері 6-суретте көрсетілген. Сарапшылар ретінде ЖОО қызметкерлері таңдалды.



Сурет 6. Нанның органолептикалық қасиеттерінің көрсеткіштері

Пісірілген нанның сыртқы түрін көру арқылы анықталды, яғни бұл кезде сыртқы қыртысының түсіне, бетінің күйіне, қалыпты нан пішінінің дұрыстығы мен симметриясына назар аударылды. Нанның сыртқы қыртысының күйін бағалау жалпы бетінің күйі бойынша жүргізілді. Нан жұмсағының жағдайын бағалау нан ортасының жұмсағының түсі мен реңктері бойынша анықталынды. Нан жұмсағының жағдайы кеуектілігі, иілімділігі, илеу және таза піскендігі бойынша да анықталды. Алынған нанның дәмі нан жұмсағын шайнау арқылы анықталды. Нанның дәмін бағалау кезінде нанның ерекше иістерінің болуына немесе болмауына назар

аударылды. Нанның балғындығы нан үлгілерінің қабырғаларының иілімділігімен және қатаюымен бағаланды.

Зерттелген ұн үлгілері наубайхана нанының сапасы бойынша айтарлықтай ерекшеленбеді. Зерттеу нәтижесінде зертханалық сынақ нан пісірудің көлемі мен жалпы бағасы бойынша Богарная-56 сортты (Т. Рысқұлов ауданы) бидай ұнынын дайындалған нан үлгісі белгілі бір артықшылыққа ие болды. Дайындалған нанның салыстырмалы баллдық дәмін бағалау бес балдық шкала бойынша дифференциалды органолептикалық талдау әдісімен жүргізілді.

Қорытынды. Бірінші сұрыпты бидай ұнының нан пісіру қасиеттеріне жүргізілген зерттеулер келесілерді көрсетті:

– реоферментометр R3 құралында, зерттелетін ұн сынамаларынан алынған қамырдың сипаттамасы орташа диапазонда екендігін көрсетті, бұл зертханада пісірілген нанның сынамалары үшін қолданылатын ұнның қасиеттерінің айтарлықтай әртүрлілігін көрсетеді;

– зерттелетін ұн сынамаларынан алынған қамырдың органолептикалық қасиеттерінің бағалануын талдағаннан кейін ең көп баллды, яғни 37,8 балл Т.Рысқұлов ауданында өсірілген Богарная-56 сұрыпының күздік жұмсақ бидайынан пісірілген нан үлгісі жинады. Оның жоғарғы беті дұрыс дөңгелек қалыпты, нанға тән жағымды дәмі мен иісі бар, түсі біртекті ашық қоңыр, нан жұмсағының кеуектілігі біркелкі, бос және тығыз емес сипатұа ие болды.

Алынған зерттеу нәтижелері наубайхана және нан пісіру өндірісіндегі эксперименттік-зерттеу үлгілерін мақсатқа лайықты пайдаланудың орындылығын ғылыми дәлеледеу болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Шаймерденова, Д.А. Казахстанская пшеница: вчера и сегодня [Текст] / Д.А. Шаймерденова, О.В. Полуботько // Аграрный сектор. – 2016. – № 4 (26). – С. 26-28.
2. Alashbayeva L., Kenzhekhojayev M., Borankulova A., Muldabekova B., Yakiyayeva M., Tursunbayeva Sh., Dyusembaeva Zh. Enhancing the quality of wholemeal bread with chia, sesame, and rosehip: mathematical modelling and organoleptic analysis // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2024. – Vol. 18. – P. 993-1005.
3. Iztayev, A., Kulazhanov, T., Iskakova, G., Alimardanova, M., Zhienbaeva, S., Iztayev, B., Tursunbayeva, S., Yakiyayeva, M. The innovative technology of dough preparation for bread by the accelerated ion-ozone cavitation method // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 17937.
4. Tursunbayeva S., Iztayev A., Mynbayeva A., Alimardanova M., Iztayev B., Yakiyayeva M. Development of a highly efficient ion-ozone cavitation technology for accelerated bread production // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 19129.
5. Боранкулова, А.С. Жамбыл облысында өсірілген отандық сұрыпты бидайлардың физика-химиялық құрамын және технологиялық қасиеттерін зерттеу [Текст] / А.С. Боранкулова, А.С. Умирбекова, А.К. Садыбаев, Л.Ж. Алашбаева, Б.Е. Солтыбаева, М.Е. Ержанова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1 (87). – Б.88-96.
6. Умирбекова, А.С. Исследование влияния водно–этанольного экстракта из скорлупы грецкого ореха на свойства пшеничного теста [Текст] / А.С. Умирбекова, М.Ж. Султанова, А.Б. Мынбаева, И.Н. Сметанска, А.С. Боранкулова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 143 (1). – С. 74-81.

7. Muldabekova B., Zhazykbayeva G., Maliktayeva P., Izteliyeva R., Alashbayeva L. Preparation and examination of the quality of gingerbread made with composite flour and sugar beet // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2023. – Vol. 17. – P. 514-528.
8. Горбатовская, Н.А. Газообразующая способность муки – важный технологический показатель [Текст] / Н.А. Горбатовская, А.С. Дильдабаева, Е.Н. Шоя, Ш.Д. Умирбаева // Механика и технологии. – 2017. – №3. – С.59-64.

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

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

Материал редакцияға 11.01.25 түсті, 20.06.25 қабылданды.

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

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУКИ ИЗ СОРТА ПШЕНИЦЫ БОГАРНАЯ-56 В ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В НИЛ инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований» имени академика Международной инженерной академии, д.т.н., профессора А.С. Ахметова, на кафедре «Пищевое производство и биотехнология» Таразского университета имени М.Х. Дулати было проведено исследование физико-химических свойств муки, полученной из зерна пшеницы сорта Богарная-56, выращенного в Жамбылской области (Меркенский и Т. Рыскуловский районы). В ходе исследования представленных образцов были использованы различные методики и методы оценки качественных показателей муки. Был изучен химический состав исследуемых образцов, что позволило разработать рецептуру для пробной выпечки хлеба. На основании полученных экспериментальных данных установлено, что мука первого сорта из пшеницы сорта Богарная-56 (Т. Рыскуловский район) отличается более высоким содержанием белка по сравнению с другими образцами – 17,3%. Чем выше содержание белка, тем более пригодна мука для хлебопечения.

Ключевые слова: пшеница, мука, тесто, хлебопекарные свойства, физико-химические показатели, пробный хлеб, дегустация.

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

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

PROSPECTS FOR THE USE OF FLOUR FROM BOGARNAYA-56 WHEAT VARIETY IN BAKERY PRODUCTION

Abstract. A study of the physicochemical properties of flour obtained from Bogarnaya-56 wheat grown in the Zhambyl region (Merke and T. Ryskulov districts) was conducted at the Engineering Research Laboratory "Nanoengineering Research Methods" named after academician of the International Engineering Academy, Doctor of Technical Sciences, Professor A.S. Akhmetov, and at the Department of "Food Production and Biotechnology" of M.Kh. Dulaty Taraz University. Various techniques and methods for evaluating flour quality indicators were used in the analysis of the presented samples. The chemical composition of the studied samples was examined, which made it possible to develop a formulation for trial bread baking. Based on the obtained experimental data, it was established that first-grade flour from the Bogarnaya-56 wheat variety (T. Ryskulov district) has a higher protein content compared to other samples – 17.3%. The higher the protein content, the more suitable the flour is for baking purposes.

Keywords: wheat, flour, dough, baking properties, physicochemical indicators, trial bread, tasting.

References

1. Shaymerdenova D.A., Polubot'ko O.V. Kazakhstanskaya pshenitsa: vchera i segodnya [Kazakhstan wheat: yesterday and today] // Agrarian sector. – 2016. – No. 4 (26). – P. 26-28. [in Russian].
2. Alashbayeva L., Kenzhekhojayev M., Borankulova A., Muldabekova B., Yakiyayeva M., Tursunbayeva Sh., Dyusembaeva Zh. Enhancing the quality of wholemeal bread with chia, sesame, and rosehip: mathematical modelling and organoleptic analysis // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2024. – Vol. 18. – P. 993-1005.
3. Iztayev, A., Kulazhanov, T., Iskakova, G., Alimardanova, M., Zhienbaeva, S., Iztayev, B., Tursunbayeva, S., Yakiyayeva, M. The innovative technology of dough preparation for bread by the accelerated ion-ozone cavitation method // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 17937.
4. Tursunbayeva S., Iztayev A., Mynbayeva A., Alimardanova M., Iztayev B., Yakiyayeva M. Development of a highly efficient ion-ozone cavitation technology for accelerated bread production // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 19129.
5. Borankulova A.S., Umirbekova A.S., Sadybayev A.K., Alashbayeva L.ZH., Soltybayeva B.Ye., Yerzhanova M.Ye. Zhambyl oblysynda ösírílgen otandyk¸ sūrypty bidaylardyň fizika-khimiyalyk¸ k¸ūramyn zhəne tekhnologiyalyk¸ k¸asiyetterín zertteu [Study of the physicochemical composition and technological properties of domestic wheat varieties grown in Zhambyl region] // Mechanics and technologies / Scientific journal. – 2025. – No. 1 (87). – P. 88-96. [in Kazakh].
6. Umirbekova A.S., Sultanova M.ZH., Mynbayeva A.B., Smetanska I.N., Borankulova A.S. Issledovaniye vliyaniya vodno-etanol'nogo ekstrakta iz skorlupy gretskogo orekha na svoystva pshenichnogo testa [Study of the influence of water-ethanol extract from walnut shells on the properties of wheat dough] // Bulletin of the Almaty Technological University. – 2024. – No. 143 (1). – P. 74-81. [in Russian].
7. Muldabekova B., Zhazykbayeva G., Maliktayeva P., Izteliyeva R., Alashbayeva L. Preparation and examination of the quality of gingerbread made with composite flour and sugar beet // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2023. – Vol. 17. – P. 514-528.
8. Gorbatovskaya N.A., Dil'dabayeva A.S., Shoya Ye.N., Umirbayeva SH.D. Gazoobrazuyushchaya sposobnost' muki – vazhnyy tekhnologicheskiy pokazatel' [Gas-forming ability of flour - an important technological indicator] // Mechanics and technology. – 2017. – No. 3. – P.59-64. [in Russian].

ҒТАМР 65.51.29

Ә.М. Қайнарбек[1] – *негізгі автор,*
А.С. Боранкулова[2]

[1]Магистрант, [2]PhD, қауымдас. профессор м.а.
[1]https://orcid.org/0000-0001-5441-1049 [2]https://orcid.org/0000-0002-1229-753X
[1,2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,
Тараз қ., Қазақстан
[1]aselek0822@gmail.com

https://doi.org/10.55956/DNKG6904

ӨНГЕН ДӘННЕН ЖАСАЛҒАН ФУНКЦИОНАЛДЫҚ СУСЫНДАР ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Мақалада өсірілген киноа дәні, амла, асқабақ және күнбағыс дәндері негізіндегі функционалды сусындардың рецепті мен технологиясы берілген, органолептикалық профилі, қауіпсіздікке баса назар аударылып физика-химиялық қасиеттері анықталған. Астық ашытылған сусындарды өндірудің технологиялық режимдері мен рецептурасының компоненттік құрамына салыстырмалы талдау жүргізілді. Сонымен қатар, сусынның емдік-алдын алу әсерін күшейту мақсатында рецептураға ғылыми негізделген функционалды шикізат көздері енгізілді. Киноа негізіндегі ферменттелген сусын үлгілері бойынша модельдік концепция жасалып, олардың бәсекеге қабілеттілігі мен тағамдық нарықтағы әлеуеті бағаланды.

Тірек сөздер: псевдодәнді киноа, амла ұнтағы, функционалды ашытылған сусын.

Қайнарбек, Ә.М. Өнген дәннен жасалған функционалдық сусындар технологиясын әзірлеу [Мәтін] / Ә.М. Қайнарбек, А.С. Боранкулова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.93-100. https://doi.org/10.55956/DNKG6904

Кіріспе. Қазіргі уақытта дәнді дақылдар мен өсімдік тектес дәстүрлі емес шикізаттың комбинациясын пайдалана отырып, стресске қарсы фиторегуляцияға көп көңіл бөлінуде. Алкогольсіз нарықты әртараптандыру дәстүрлі емес шикізат көздерін (тары, жүгері, құмай, күріш, спельта, арпа) және өсімдік материалдарын пайдалану мүмкіндігіне байланысты жүзеге асырылады. Бүгінгі күні супермаркеттердің, денсаулыққа арналған азық-түлік дүкендерінің және интернет-дүкендердің сөрелерінде ұнтақ аналогтарын қоса алғанда, астық негізіндегі алкогольсіз сусындардың әртүрлі түрлерін таба аласыз. Дәнді дақылдардың қоректік заттарының, физиологиялық әсері дәлелденген биологиялық белсенді заттардың, антиоксиданттық, иммуномодуляциялық және профилактикалық қасиеттердің бірегей үйлесімі бар екен белгілі болғандай. Ферменттік модификациядан өткен астық сусындары ерекше қызығушылық тудырады [1]. Тақырыптық аймақ – дәнді және бұршақ дақылдарын ашыту – бірнеше ондаған жылдар бойы зерттеуші ғалымдарды қызықтырып келеді. Осы уақыт ішінде функционалдық бағдары бар жаңа композиттік ферменттелген

өнімдерді жобалау саласында айтарлықтай нәтижелерге қол жеткізілді. Ашыған тағамдардың, әсіресе сусындардың танымалдылығының артуы COVID-19 пандемиясы кезінде болды. Пандемия және постпандемия кезеңінде біздің азық-түлік жүйелеріміздің түбегейлі өзгеруі басталып, ашытылған астық сусындарының пайдасына үлкен таңдау жасалды..Дәннің өну кезіндегі биогендік потенциалының арқасында сусындардың биологиялық құндылығы жоғарылайтыны белгілі, бұл дамудың бастапқы нүктесі болды.. Бауыр гипотозына, асқазан-ішек жолдары патологиясына, дисбактериозға, қант диабетіне және семіздікке қатысты ашытылған дәнді сусындардың қорғаныш әсерін дәлелдейтін ғылыми зерттеулердің нәтижесінде көктеп шыққан астық әлемдік диетологияда өз орнын қамтамасыз етті; олардың иммуностимуляциялаушы, қабынуға қарсы және пробиотикалық қасиеттері дәлелденген [2]. Ашыған дәнді дақылдардың тағамдық құндылығы олардың табиғи түрінен ондаған есе жоғары. Ашытылған өсімдік дәнді сусындарының танымалдылығының географиясы кеңейіп келеді, дегенмен бірнеше ондаған жылдар бойы мұндай сусындарды өндіру және тұтыну саласы Африка, Қытай және Орталық Азия елдерімен шектелді. Алайда олардың көпшілігінде өндіріс «мануфактуралық» деңгейде қалды. Махеву, Заки, Чека, Боза, Техуино, Сикхье – кез келген мерекеде дәстүрлі дәнді ашытылған сусындар. Дәнді сусындарды жасау тұрғысынан киноаның псевдожарма дақылы ерекше қызығушылық тудырады.

Киноа, әдетте күріш көкпегі, инктердің «алтын дәні» ретінде белгілі, өте перспективалы ауыл шаруашылық дақылы болып саналады; бүгінде ол АҚШ, Англия, Канадёа, Швеция және Италияда өсіріледі. Бүгінгі таңда итальяндық «The Bridge» компаниясының Киноа мәдениетінен алынған заманауи сусындар белгілі – «Bio Quinoa Drink» деп аталатын глютенсіз сусындар, Riso Scotti ыстық сусыны. Көптеген отандық және шетелдік ғалымдардың киноаға деген қызығушылығының артуы оның химиялық құрамы мен глютеннің болмауына байланысты. Бұл киноаның химиялық құрамы оны тағамдық мақсатта пайдаланудың жарамдылығын растайды: оның құрамында басқа дәнді дақылдарға қарағанда ақуыз көп. Киноаның кейбір сорттарында 20% -дан астам ақуыз бар. Киноа дақылдарында барлық маңызды он аминқышқылдары бар. Дақылдар мырыш (3,3 мг) пен темірге (7,5 мг) бай. Оның энергетикалық құндылығы жоғары. Киноада бидай, арпа және күрішке қарағанда рибофлавин, талшық, күрделі көмірсулар және фолий қышқылы көп [3].

Киноа – глютенсіз және палео диета үшін тамаша таңдау болып табылады. Химиялық құрамы бойынша дақылдың көмірсулар профилі жоғары – 60,7 г. Киноа тұқымдарының құрамындағы қант аз мөлшерде глюкоза мен фруктозадан тұрады, бұл өсімдікті төмен гликемиялық индексі бар өнімдерді өндіруге жақсы балама етеді. D-рибоза, D-галактоза, мальтоза және D-ксилоза (Ogungbenle, 2003) көп болуы оны сусындар дайындауда жиі қолдануға мүмкіндік береді [4].

Оның оң сипаттамаларымен қатар, киноаның кемшілігі де бар – қабықшадағы сапониндер-тритерпен гликозидтерінің (23 сапониндер), фитин қышқылының жоғарылауы, олар минералдарды байланыстыру арқылы ішекте олардың сіңуіне кедергі келтіреді, кальций мен магнийдің сіңуіне кедергі келтіретін оксалаттары бар. Ұзақ уақыт бойы егінді сіңіру арқылы қажет емес элементтерді оңай жоюға болады. Сусын рецептерінде шөп шикізаты амла ұнтағы бар. Көбінесе ғылыми әдебиеттерде оны эмблика, авалькати деп атайды. Үнді қарлыған – С витамині, кальций, фенолдық

қосылыстардың қоймасымен бай, күшті антиоксиданттық белсенділігі бар, гемоглобин құрамын көбейтуге көмек береді, дене тонусын арттырады. Ғылыми зерттеуде ұнтақталған амла қолданылды. Ұнтақталған амланың калория мөлшері 100 ккал/418,4 кДж. Химиялық құрамы: ақуыздар – 0,1 г, көмірсулар – 50 г [5]. Ақуызды байыту мақсатында химиялық құрамы бай асқабақ пен күнбағыс дәндерінің езбесі қолданылды. Күнбағыс дәндеріндегі көмірсулардың, ақуыздың және майдың мөлшері 20,0 г; 8,6 г; жұқа 51,4 г. Асқабақ дәндерінің үгітілген массасы – 15,2 г; 5.2 г; 19,0 г. Біртекті күйінде масса урбечке ұқсайды. Дәнді ашытылған сусындарға қатысты тұтынушылық белсенділіктің жоғарылауының ағымдағы үрдісіне қарамастан, аймақтық деңгейде бұл топ нашар ұсынылған және негізінен бұл импорттық өнімдер болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – функционалдық қасиеттері және теңдестірілген қоректік құрамы бар өнімдерді алуға мүмкіндік беретін өскіннен шыққан киноа дәніне негізделген сусынның технологиясын жасау.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі зерттеу міндеттері шешілді: функционалды сусынның негізгі құрамдас ингредиенттерін таңдауды ғылыми-теориялық тұрғыдан негіздеу; астық-су суспензиясының ашыту процестерінің оңтайлы шарттарын анықтау; киноа негізінде функционалды сусындардың рецептерін әзірлеу, қауіпсіздік пен сапаны бақылауға баса назар аудара отырып, физика-химиялық қасиеттерін зерттеу; өнген киноа дәнінен функционалды сусын дайындаудың технологиялық сызбасын, технологиялық нұсқауларын әзірлеу [6].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу объектілері үлгілік мысалдары: «ESORO», «TruRoots», «Mistral» брендтерінің жергілікті және өскен киноа дәндері болды. Өсімдікке ұшыраған негізгі астық шикізатынан су-дәндік суспензия, өсімдік дәнді сусынының жаңа түрі алынды. Ашыған өнім АСБ көмегімен алынды .Ашыту үшін мыналар пайдаланылды: 1011-1012 ҚҚБ/см^3 белсенділігі бар *Bifidobacterium longum* бактериалды концентраты және *Lactobacillus bulgaricus ljj, Lactobacillus casei Zhang* комбинациясы. Ғылыми жұмыстың әдістемесі дәнді алкогольсіз функционалды сусындарды дамытудың теориялық және практикалық аспектілеріне негізделген. Ашытылған сусындардың формулаларын әзірлеу өзінің ғылыми эксперименттерінің нәтижелеріне және ақпараттық-әдеби көздер негізінде жасалынған. Жұмыста шикізат көздері мен дайын өнімнің сапалық көрсеткіштерін анықтау бойынша кешенді және стандартты зерттеу әдістері қолданылды. Жұмыс А.С. Ахметов атындағы «Наноинженерлік зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі ғылыми-зерттеу зертханасының «Тамақ инженериясы» зертханасы мен «Тамақ өндірісі және биотехнология» кафедрасында орындалды.

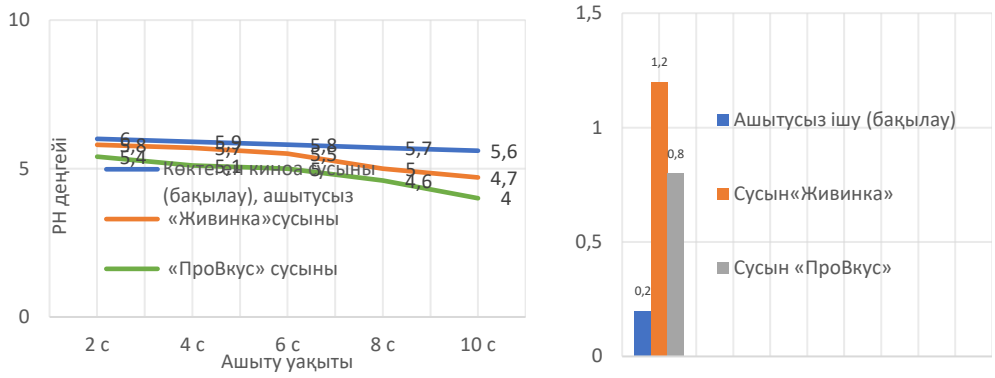
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Функционалдық маңызы бар дәнді сусындардың рецептураларын әзірлеу мынадай ережелер негізінде жүргізілді: жоғары дәмдік сипаттамаларды қамтамасыз ету, тек табиғи шикізатты қолдану, дайын сусындарға функционалдық және профилактикалық қасиеттер беру, МЕМС Р 70650-2023 «Өсімдік негізіндегі сусындар (астықтан, жаңғақтардан, кокос жаңғағынан). Жалпы техникалық шарттар», МЕМС 28188-2014 «Алкогольсіз сусындар. «Боза» функционалды сусынын дайындау технологиясы» негізге алынды. Зерттеу барысында өсімдік материалы ретінде күнбағыс дәндері, асқабақ дәндері, амла ұнтағы пайдаланылды. Рецепттерді жобалау тепе-теңдік және құрамдас құрамның үйлесімділік шарттарын сақтай отырып, 3 модельдік үлгі бойынша

жүргізілді. №1 үлгі – 100% киноадан жасалған астық сусыны; №2 үлгі – 50% киноа, әрқайсысы 12,5% құрайтын асқабақ пен күнбағыс дәндерінің езбесі; №3 үлгі – 95% киноа және 5% амла ұнтағы. Ашытылған дәнді сусын алу технологиясының мәні астық негізін алдын ала ашытуда және сүт қышқылды бактериялар тобының су астық негізіне кешенді әсер етуінде жатыр. Астық сусындарын дайындаудың технологиялық процесі келесі операциялармен ұсынылған. Ащы дәм беретін сапониндерді кетіру үшін алдын ала тазартылған киноа дәні екі рет салқын тазартылған суда жуылды. Киноа дақылын 2-3 сағат бойы суға салып қойған жөн. Тұқымдар өну үшін 30°С температурада 48 сағат бойы өнгіште қалдырылды. Өсіру кезінде тұқымның мөлшері екі есе ұлғаяды. Өскен киноа дәнін 10-15°С температурада 1:3-4 қатынасында су қосу арқылы былдырлы күйге дейін ұнтақтайды. Су бөліктерге қосылады. Кептіру процесі шамамен 10 минутты алады. Кептіру аяқталғаннан кейін компоненттер көрсетілген рецепт бойынша су-дәндік массаға қосылады. «ПроВкус» және «Живинка» сусындарының ашытылған түрін дайындау үшін гомогенизациядан кейінгі масса термиялық өңдеуден өтеді: 8 минут ішінде 82°С температурада пастерленеді.

Киноадан алынған өсімдік негізіндегі сүт емес сүт қышқылды бактериялардың *Lactobacillus bulgaricus ljj, Lactobacillus casei Zhang (LCZ)* – сау ішек профиліне жауапты бірегей пробиотикалық штаммдарын қосу үшін пастерлеуден кейін 28°С дейін салқындатылды. Оны алғаш рет қымыздан Ішкі Моңғолия ауылшаруашылық университетінің бір топ зерттеушілері бөліп алған. Индукцияланған ашыту өнімнің қасиеттері мен қауіпсіздігін жақсарту үшін СҚБ штаммдарын тағамдық матрицаға – киноа өсімдік сүтіне енгізуді қамтиды. Ашыту процесі атмосфералық оттегіге қол жеткізусіз жүзеге асырылды. Ашыту штамм өндірушінің ұсыныстарына сәйкес жүргізілді. СҚБ штаммдары нұсқаулықта көрсетілген мөлшерде қосылды. Өскен квиноа негізінде өсімдік негізіндегі негізді. Ауасыз ашыту ұзақтығы белсенді қышқылдық 4,6-ға жеткенше 8-10 сағатты құрады. Қажет болса, сусын сүзіледі және салқындату үшін тоңазытқышқа жіберіледі. Дайын сусынның жарамдылық мерзімі – 7 күн. Ашытылған сусынды дайындау технологиясы ашыту процесін қамтиды [7].

Ашытылған функционалды сусынды дайындаудың технологиялық процесі: шикізаттарды қабылдау (тазалау, сапасын анықтау, салмағын өлшеу, сақтау); шикізатты уодтау 20-30°С, (2 күн); көктетілген киноа дәнін ұнтақтау (сумен араластыру қатынасы 1:3, t 10-15°С); гомогенизация және сүзу; пастерлеу (t 82°С, 8 мин); суслоны салқындату (t 28°С); оттегінің әсерінсіз суслоны ашыту (t 38±2°С, 8-10 сағат); сүзу және фильтрация; ыдыстарға құю (ыдыс көлемі 0,5-1,0 л.).

Функционалды сусындар өніп шыққан дәндерден дайындалды, олардың өнуі кезінде микробиологиялық ластануы артады. Микробиологиялық тазалық MS 26669-85 стандартына сәйкес пептон-тұз ерітіндісінде су-дәндік суспензияны он есе сұйылту арқылы анықталды. Ашыту кезіндегі сусындардың белсенді қышқылдық индексінің динамикасы және сүт қышқылының жинақталу деңгейі 1-суретте көрсетілген. «ПроВкус» сусынының калориялығы мен энергетикалық құндылығы 115,65 ккал, «Живинка» сусыны – 117,6 ккал құрайды.



Сурет 1. Ашыту кезіндегі сусындардың белсенді қышқылдық индексінің динамикасы

Жоғарыда аталған технологияны қолдана отырып, «Живинка» және «ПроВкус» ашытылған сусындар әзірленді. Органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Әртүрлі ұйытқылармен ашытуға дейін және одан кейін көктеген киноа негізіндегі функционалды сусын үлгілерінің органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш атаулары	Функционалды сусындардың атауы		
	Көктеген киноа сусыны (бақылау), ашытусыз	«Живинка» сусыны	«ПроВкус» сусыны
Органолептикалық көрсеткіштер			
Сыртқы келбеті және консистенциясы	Біртекті, мөлдір емес, қатпарланбайтын сұйықтық, аздаған тұнбаға рұқсат	Тұтқыр консистенциялы, мөлдір емес, біртекті сұйықтық	
Түс	кремді реңкпен ақ	кремді	жасылдау
Дәмі	тәтті	тәтті	байқалатын қышқылдықпен
Иіс пен дәм	жаңғақ иісі бар жеңіл	жаңғақ иісі бар жеңіл	жемісті
Физика-химиялық көрсеткіштер			
Құрғақ заттардың (ҚЗ) массалық үлесі (МҮ), %	6,0 ± 0,6	6,95	6,57
pH	5,6	4,7	4,0
Ақуыздар, г	13,7	10,11	13,06
Май, г	5,8	11,71	5,5
Көмірсулар, г	60,70	33,5	60,17

Әзірленген ФС функционалдық қасиеттерін бағалау үшін кестеде ұсынылған формуланың болжамды компонентінің фармакологиялық бағыт матрицасы жасалды (2-кесте).

Кесте 2

Формула компоненттерінің функционалды бағыты матрицасы

Рецепт компоненттері	Депрессияға қарсы	Вируса қарсы	Жалпы күшейту	Кардио протекторлы	Иммунитетті ынталандырушы
«Живинка» сусыны					
Көктетілген киноа дәні					
Асқабақ тұқымдарының езбе массасы, АТЕМ					
Күнбағыс тұқымдарының езбе массасы (КТЕМ)					
ПроВкус» сусыны					
Көктетілген киноа дәні					
Жер амла					

Жұмыста ашытылған дәнді сусындарды дайындау технологиясы ұсынылған. Ингредиенттердің сандық құрамы тәжірибе жүзінде дәлелденген.

Өскен киноа дәндерінің негізінде функционалды сусындарға арналған рецептуралар әзірленді, олардың физикалық және химиялық қасиеттері зерттеліп, қауіпсіздік пен сапаны бақылауға баса назар аударылды. Әзірленген «ПроВкус» және «Живинка» құрама функционалды сусындары негізгі көрсеткіштерге сәйкес келетіні және жоғары сапа көрсеткіштеріне ие екендігі анықталды.

Қорытынды. Патенттік және әдебиеттік іздестіру, ғылыми ақпараттардың мониторингі және ғылыми зерттеулер арқылы өскен киноа дақылын негіз ете отырып ашытылған функционалды сусынды дайындау үшін перспективалы шикізат таңдалып, рецептте қарастырылған емдік әсері дәлелденген шикізат көздерін пайдаланудың орындылығы негізделді. Эксперимент концепциясы жасалып, модельдік үлгілері жасалды. Өскен киноа дәнінің негізінде функционалды сусындарды дайындау технологиясы, рецепті және технологиялық схемасы әзірленді. ашытылған сүтті сусындарға бәсекелестік туғызуға, жоғары белгіленген сапа көрсеткіштері мен функционалдық қасиеттері бар функционалдық сусындардың азық-түлік нарығында ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. МЕМС 28188-2014 және ТР КО 021-2011 талаптарына сәйкес келетін дайын сусындардың органолептикалық, физика-химиялық, микробиологиялық сапа көрсеткіштеріне салыстырмалы бағалау жүргізілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Белокурова, Е.С. Разработка технологии напитков повышенной биологической ценности из пророщенного зернового сырья [Текст] / Е.С. Белокурова, И.А. Панкина // Главный агроном. – 2023. – № 9.
2. Кочеткова, А.А. Функциональные ингредиенты и концепция здорового питания [Текст] / А.А. Кочеткова, И.Н. Нестерова // Ihgredients. – 2002. – № 2 (9). – С. 4-7.
3. Тынарбекова, М.Т. К вопросу разработки технологии функциональных продуктов на основе квиноа [Текст] / М.Т. Тынарбекова // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2017. – № 41.

4. Киноа крупа – польза и состав [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://natpit.ru/healthiest/kinoa krupa-polza-i-sostav.
5. Амла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ayzdorov.ru/tvtravnik_amla.php.
6. Зенькова, М.Л. Безалкогольные напитки из пророщенной гречихи: технологические аспекты и пищевая ценность [Текст] / М.Л. Зенькова, Л.А. Мельникова, В.Н. Тимофеева // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53. – № 2. – С. 316-325.
7. Орлова, Т.В. Крахмал зерна квиноа (Chenopodium quinoa Willd.): состав, морфология и физико химические свойства [Текст] / Т.В. Орлова, М. Айдер // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51. – № 1. – С. 98-112.

Материал редакцияға 24.01.25 түсті, 10.06.25 қабылданды.

Ә.М. Қайнарбек[1], А.С. Боранкулова[1]

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛНЫХ НАПИТКОВ ИЗ ПРОРОСШЕГО ЗЕРНА

Аннотация. В статье представлена рецептура и технология функциональных напитов на основе пророщенного зерна киноа, амлы, протертой массы из семян тыквы и подсолнечника, идентифицирован органолептический профиль, физико-химические свойства с упором на безопасность. Проведен сравнительный анализ компонентного состава рецептуры и технологических режимов производства зерновых ферментированных напитков. Дополнительно, в рецептуру включены научно обоснованные источники функционального сырья с подтверждённым лечебно-профилактическим эффектом. Разработаны модельные образцы напитков, продемонстрировавшие конкурентоспособность и потенциал для расширения ассортимента на рынке функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: псевдозерновая культура киноа, порошок амлы, функциональный ферментированный напиток.

A.M. Kainarbek[1], A.S. Borankulova[1]

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

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL DRINKS TECHNOLOGY FROM SPROUTED GRAIN

Abstract. The article presents the recipe and technology of functional drinks based on sprouted quinoa grain, amla, mashed pumpkin and sunflower seeds, identified the organoleptic profile, physicochemical properties with an emphasis on safety. A comparative analysis of the component composition of the recipe and technological modes of production of grain fermented drinks was carried out. Additionally, the formulation includes scientifically validated sources of functional raw materials with proven therapeutic and preventive effects. Model prototypes of the beverages were developed, demonstrating competitiveness and potential for expanding the range in the functional food market.

Keywords: pseudograin quinoa, amla powder, functional fermented beverage.

References

1. Belokurova Ye.S., Pankina I.A. Razrabotka tekhnologii napitkov povyshennoy biologicheskoy tsennosti iz proroshchennogo zernovogo syr'ya [Development of technology for beverages with increased biological value from sprouted grain raw materials] // Glavnyy agronom. – 2023. – No. 9. [in Russian].
2. Kochetkova A.A., Nesterova I.N. Funktsional'nyye ingrediyenty i kontseptsiya zdorovogo pitaniya [Functional ingredients and the concept of healthy eating] // Ihgredients. – 2002. – No. 2 (9). – P. 4-7. [in Russian].
3. Tynarbekova, M.T. K voprosu razrabotki tekhnologii funktsional'nykh produktov na osnove kvinoa [On the issue of developing the technology of functional products based on quinoa] // Bulletin of KSTU named after I. Razzakov. – 2017. – No. 41. [in Russian].
4. Quinoa cereal - benefits and composition [Electronic resource]. – Access mode: http://natpit.ru/healthiest/kinoa krupa-polza-i-sostav. [in Russian].
5. Amla [Electronic resource]. – Access mode: https://www.ayzdorov.ru/tvtravnik_amla.php. [in Russian].
6. Zen'kova M.L., Mel'nikova L.A., Timofeyeva V.N. Bezalkogol'nyye napitki iz proroshchennoy grechikhi: tekhnologicheskiye aspekty i pishchevaya tsennost' [Soft drinks from sprouted buckwheat: technological aspects and nutritional value] // Equipment and technology of food production. – 2023. – Vol. 53. – No. 2. – P. 316-325. [in Russian].
7. Orlova T.V., Ayder M. Krakhmal zerna kvinoa (Shenopodium quinoa Willd.): sostav, morfologiya i fiziko khimicheskiye svoystva [Quinoa grain starch (Chenopodium quinoa Willd.): composition, morphology and physicochemical properties] // Equipment and technology of food production. – 2021. – Vol. 51. – No. 1. – P. 98-112. [in Russian].

IRSTI 65.35.03

S. Omelchenko[1] – *main author*,
P. Pyvovarov[2]

[1]*PhD., Associated Professor,* [2]*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-3635-6626* [2]*https://orcid.org/0000-0001-9119-1225*

[1,2]*State Biotechnological University,*

Kharkiv, Ukraine

@ [1]*omelchenko.s.b@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/BYMR9511

IMPROVEMENT OF THE RECIPE FOR A DECORATIVE CREAM USING OLEOGEL AS A SUBSTITUTE FOR SOLID FAT

Abstract. The use of vegetable oils allows to manufacture products of the improved structure, with the extended shelf life. At present, Ukraine has organized the manufacture of specialized fats, which are used mainly for making dough. Also, fat components are widely used for combination with raw milk – these are milk fat substitutes. The advantages of their use are the ability to adjust the melting point of the fat phase, high antioxidant stability and the ability to long-term storage. Disadvantages include unequal substitution of milk fat with fat-containing raw materials and products of its processing in terms of nutritional value, content of trans-isomers and refractory fats. Thus, the replacement of fat mixtures with liquid oils is impossible without changing the quality of food products, as it involves a change in manufacturing technology. Therefore, in this aspect it is important to use oils without trans-isomers of fatty acids, without solid fats or with their reduced content, provided that cream retains its shape when forming various shaped decoration, meet the requirements of organoleptic, physicochemical and safety indicators. The expediency of using a fatty semi-finished product based on refined sunflower oil in the form of oleo gel in the recipe composition of cream for surface decoration of flour confectionery is proved. The influence of food ingredients on technological properties of cream for surface decoration of flour confectionery is analyzed. The influence of sugar-containing raw materials (white sugar, powdered sugar, sugar syrup) is determined. The foaming ability and stability of the foam of cream for decorating the surface of the confectionery products depending on the type and content of food ingredients is studied. Determination of these technological factors allows to improve the recipe composition of cream for surface decoration of flour confectionery, to replace butter in the recipe composition with sunflower oil without reducing technological properties.

Keywords: flour confectionery, oleogels, creams finishing, foaming ability, foam resistance.

Omelchenko S., Pyvovarov P. Improvement of the recipe for a decorative cream using oleogel as a substitute for solid fat //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.101-110. https://doi.org/10.55956/BYMR9511

Introduction. For decorating flour-based confectionery products, creams are used that must maintain their shape, structure, and pattern [1]. The range of confectionery products is extensive and includes soft waffles, muffins, cupcakes, stollen, scones, macarons, brownies, cannoli, and more. To achieve the stability of

shape, structure, and pattern of the cream, a significant amount of solid fats is used. For butter creams, butter is used, and for creams based on vegetable oils, palm, palm kernel, coconut, and other hydrogenated fats are used. Since the consumption of confectionery products is increasing, it is necessary to enhance their safety by reducing the content of solid and hydrogenated fats in their composition.

In the production of flour confectionery products (pastries, cakes, muffins, cupcakes), a significant amount of various decorative semi-finished products for spreading, filling, and decorating is used [2]. Cream for decorating low-calorie confectionery products is a whipped mass made by whipping butter, chicken eggs, cream with sugar, and other PowerPoint products. Such creams are characterized by high nutritional value. Buttercream for decorating the surface of confectionery products is plastic, allowing for the creation of decorations in various shapes. However, along with its advantages, buttercream for decorating confectionery products has certain drawbacks, namely, it spoils quickly and is very sensitive to bacterial contamination, has low foaming ability, and foam stability under technological factors. To increase the shelf life and microbiological stability in the formulation of decorative creams, hydrogenated oils are used, which contain trans isomers of fatty acids that negatively affect the human body.

The use of such oils allows for the production of products with improved structure and extended shelf life. Today, specialized fats production has been organized in Ukraine, which are primarily used for dough preparation. Fat components are also widely used for combining with dairy raw materials – milk fat substitutes. The advantages of their use lie in the ability to adjust the melting temperature of the fat phase, high oxidative stability, and the capacity for long-term storage. The disadvantages include the unequal replacement of milk fat with fat-containing raw materials and their processed products in terms of nutritional value, trans isomer content, and hard fats.

Thus, replacing fat mixtures with liquid oils is impossible without changing the quality indicators of food products, as this involves altering the manufacturing technology. Therefore, the application of oils without trans isomers of fatty acids, without solid fats, or with reduced content of solid fats is relevant in this aspect, provided that the cream can maintain its shape during the formation of various figurative decorations, and meets the requirements of organoleptic, physicochemical indicators, and safety standards. One of the promising ways to address the issue of using solid fats and hydrogenated oils is the use of oleogels. Oleogels are obtained from liquid oils by introducing a gelling agent, which transforms the liquid oil into a gel-like state.

The above-mentioned defines the necessity of conducting research aimed at substantiating the formulation of a decorative cream based on oleogels to replace the solid fat used for decorating flour confectionery products (pastries, cakes, muffins, cupcakes).

The production of flour confectionery products and decorative semi-finished products is primarily based on the use of solid fats with specific physical and mechanical properties. Solid fats provide the desired structure to these food products. However, the consumption of such fats increases the risk of certain diseases in humans.

Scientists A.B. Horalchuk, S.S. Andreeva, A.M. Dikhtiar, M.A. Chekanov, I.S. Romashko, I.M. Basarab [3,4] examined the issues of replacing trans fats and hard (solid) fats in food products, specifically the production of semi-solid and solid fats from oils. The most common practice is the use of natural tropical fats or the consumption of their individual fractions. However, the use of too many solid

fats in the diet has necessitated their replacement with liquid oils and the addition of supplementary raw materials.

The issue of transforming oil into structured oleogels with viscous, elastic properties is highlighted in the works [5,6]. A. Jang, W. Bae, H.-S. Hwang, H. Lee, S. Lee, J. Lim note that the production of oleogels is a technologically simple, economical, accessible, and inexpensive method that provides a texture close to that of natural solid fats, extended shelf life, and a pleasant aroma to the final product.

The issue of developing and improving the technology for producing decorative semi-finished products for flour confectionery is highlighted in the work [7]. As a rule, the research is aimed at ensuring the necessary texture of the cream, foaming ability, and foam stability by using gelling agents or raw materials that contain them. Some developments [8-10] concern the production of oleogels without the necessary technological principles for their use in food products. The potential of replacing 30% of solid fat with sunflower oil in the cream formulation has been established by creating a multiple emulsion and using a mixture of various fatty acid monoglycerides and Tween 80 [11]. In the work [12], it is proposed to completely replace solid fat with sunflower oil, using monoglycerides and a gelling agent to provide the desired textural properties. The obtained creams are recommended for the production of dessert products, rather than decorative creams.

Oleogels are a promising product for addressing the issue of using hydrogenated oils and solid fats. Oleogels are hydrophobic gels whose base is a non-polar liquid, such as oil, wax, or paraffin, to which a gelling agent is added to achieve the desired physical properties. Oleogels are classified by the dimensional characteristics of their gel-forming molecules as low-molecular-weight and high-molecular-weight. The qualitative composition of oleogels is formed by the following factors: the source of oil extraction, the fatty acid composition, the particle size, the ratio of oil to the gel-forming component, and the digestibility of the oil with a gel-like structure by the human body [13]. To obtain an oleogel, it is necessary to introduce a gelling agent of a certain concentration into the fat system, which forms the gel structure. The transformation of liquid oil into solid occurs due to van der Waals forces. Similar to triacylglycerols, the particles contained in liquid oil capture a portion of the liquid phase, forming a colloidal network. Thus, the mechanism of forming oil with a gel-like structure involves the introduction of a gelling agent into the fat system, which forms the gel structure. During heating, the molecules of the gellant disperse in the oily phase, and after cooling, a three-dimensional network is formed, creating the gel structure. The formation of oil with a strong gel-like structure occurs due to the introduction of up to 30% monoglyceride of fatty acids into the system [12]. Another condition for the formation of an oleogel is the introduction of up to 5% beeswax into the system. However, it is noted that to obtain an oleogel that most closely matches the properties of the specified solid fat, it is necessary to use a mixture of various gelling agents and conduct experimental studies to determine their optimal content [3].

Based on analytical research, it has been established that the technological properties of cream for decorating flour confectionery products depend on the technological properties of the fat component (butter or other solid fat), which affects the structural-mechanical and physicochemical properties of the finished cream. However, there is a lack of systematic data in the literature regarding the replacement of the fat component with liquid oils in creams for decorating the

surface of flour confectionery products and its impact on the patterns of formation of the physicochemical properties of the finished product.

Thus, it is necessary to conduct experimental studies on the modification of the cream's fat base and to determine the influence of the formulation components on the foaming ability, foam stability of the finishing semi-finished product, its shape retention, and plasticity.

The aim of the article is to experimentally justify the formulation of decorative semi-finished products based on oleogels, which will allow for a reduction in the content of solid fats in creams for flour confectionery products without deteriorating their organoleptic, physicochemical, and safety indicators.

Materials and methods. In this study, components meeting the "food grade" standard were used. The following ingredients were employed: refined, deodorized, and frozen sunflower oil; white sugar; 60% sugar syrup; powdered sugar; vanilla powder; sweetened condensed milk with 8.5% fat content; distilled monoglycerides (E471) with an iodine value of (3.0 ± 0.1) g/100 g; and purified beeswax.

Foaming capacity (FC, %) was determined using the formula:

$$FC = \frac{V_f}{V_s} \times 100 \tag{1}$$

where: V_f – volume of foam, cm^3; V_s – volume of the solution before whipping, cm^3.

Foam stability (FS, %) was calculated using the formula:

$$FS = \frac{V_f}{Vn} \times 100 \tag{2}$$

where: V_f – volume of foam after 3600 s, cm^3; V_n – initial foam volume, cm^3.

To determine the mechanical strength of the cream, an OV-204 device (Labor, Hungary) was used. The principle of operation of this device is based on measuring the depth of cone penetration into the sample. During the tests, the mass of the cone remained constant, and the immersion time was 5 seconds. The consistency of the cream was calculated using the following formula:

$$\sigma = k\frac{mg}{h^2}, \tag{3}$$

where: h – immersion depth, m; g – gravitational acceleration, equal to 9.80665 m/s^2; k – dimensionless coefficient (k = 0.356), which depends on the cone angle (angle at the vertex 30°); m – the mass of the cone, which is equal to 0.11352 kg.

For the study, whipped cream of the brand "Na zdorovya" (Ukraine), Décor Up (Italy), and traditional butter cream were used.

Research results and discussion. The technological process of producing buttercream for decorating the surface of flour confectionery products involves two whipping stages: whipping butter with powdered sugar until a homogeneous mass is obtained; whipping the prepared butter-sugar mass with the remaining recipe ingredients.

The recipe for the buttercream used to decorate the surface of flour-based confectionery products includes: powdered sugar, butter, sweetened condensed

milk, and vanilla powder. The main recipe component that forms the structure of such cream is butter. However, butter is prone to rancidity due to fat oxidation and microbial spoilage. Therefore, it is necessary to completely replace butter to ensure longer and safer storage of the product.

Given the above, a fat-based semi-finished product for a specific purpose has been developed – an oleogel for decorative cream. This semi-finished product, in terms of the polarity of the dispersed phase and the dispersion medium, is a second-type emulsion, like butter. The fat semi-finished product is characterized by neutral organoleptic indicators. The mass fraction of fat is 72.5%, which allows it to be used as a base for the production of finishing creams without deteriorating technological properties. Thus, there is a need to conduct research on the impact of food ingredients on the FC, FS, and mechanical strength of the finishing semi-finished product.

At the first stage of the study, butter was completely replaced with a fat semi-finished product according to the recipe provided in Table 1.

Table 1
Project of the recipe composition for cream to decorate the surface of confectionery products using a fat semi-finished product

Names of the recipe ingredients	Mass fraction of dry matter, %	In nature	In dry substances
Fatty semi-finished product	84,00	523,0	439,0
Refined powder	99,85	279,0	277,2
Condensed milk with sugar	74,00	209,0	154,0
Vanilla powder	99,85	5,2	5,14
Cognac	0,00	1,7	0,00
Total	-	1017,65	876,04
Product release	86,00	1000,00	860,00

A technology for producing a decorative cream using oleogel has been developed. The cream for decorating the surface of confectionery products should be characterized by high foaming ability, foam stability, mechanical strength, and high organoleptic properties, which necessitates conducting research on the impact of food ingredients on the foaming ability, foam stability, and mechanical strength of this cream.

The foaming ability and stability of the decorative cream foam were studied depending on the type and content of sugar-containing raw materials (white sugar, powdered sugar, sugar syrup). The raw materials were selected based on their colloidal state and the content of substances capable of affecting the properties of the system.

It has been found that increasing the sugar powder content from 0 to 25% (Table 2) leads to an increase in foaming capacity from (100±10)% to (320±20)%. Further increasing the amount of powdered sugar does not contribute to an increase in foaming capacity, which remains unchanged at (320±20)%. The introduction of white sugar into the system in the same quantity leads to an increase in foaming capacity from (100±10)% to (300±20)%. Further increasing the content of white sugar does not contribute to an increase in foaming capacity, which remains unchanged at (300±20)%. The introduction of sugar syrup into the system leads to an increase in foaming capacity from (80±10)% to (220±18)% and contributes to the thinning of the ready cream system for decoration.

Table 2

The foaming ability of the cream for decorating the surface of confectionery products depending on the concentration of powdered sugar, white sugar, and sugar syrup

Content of powdered sugar, %	0	5	10	15	20	25	30
Foaming capacity, %	100±1	150±1	200±1	220±1	250±1	330±1	330±1
Foam stability, %	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1
Content of white sugar, %	0	5	10	15	20	25	30
Foaming capacity, %	100±1	130±1	150±1	185±1	250±1	300±1	300±1
Foam stability, %	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1
Content of sugar syrup, %	0	5	10	15	20	25	30
Foaming capacity, %	80±1	87±1	100±1	118±1	150±1	200±1	200±1
Foam stability, %	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1

The results of the foam stability study confirmed that the foam stability is (99±1)% for all studied systems.

During the research, it was found that the introduction of sugar-containing raw materials, specifically powdered sugar, into the recipe increases the foaming capacity, with foam stability at (99±1)%. However, undesirable graininess during chewing appears, which worsens the organoleptic properties of the finished decorative cream.

The introduction of condensed milk into the system contributed to an increase in foaming capacity: with the increase in the content of condensed milk with sugar from 0 to 50%, the foaming capacity increased from (100±10)% to (320±20)% (Fig. 3). Further increasing the content of condensed milk did not significantly affect the increase in foaming capacity. The foam stability was (99±1)%.

Table 3

The foaming ability of the cream for decorating the surface of confectionery products depending on the concentration of condensed milk with sugar

Content of sweetened condensed milk, %	0	10	20	30	40	50
Foaming capacity, %	100±1	135±1	200±1	250±1	300±1	300±1
Foam stability, %	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1	99±1

Thus, in the recipe for the cream used to decorate the surface of confectionery products, one component-powdered sugar completely disappears, and the concentration of another component-sweetened condensed milk increases, which eliminates the main drawback of the cream – graininess. The consistency, appearance, and taste meet the requirements of the regulatory documentation.

Based on the obtained data, a project for the cream recipe for decorating the surface of flour confectionery products has been developed (Table 4).

Table 4

Project of the cream formulation for decorating the surface of confectionery products using fat semi-finished product

Names of the recipe ingredients	Mass fraction of dry matter, %	In nature	In dry substances
1	2	3	4
Fatty semi-finished product	84,00	523,0	439,0
Condensed milk with sugar	74,00	488,0	431,0

Table 4 continued

1	2	3	4
Vanilla powder	99,85	5,15	5,14
Cognac	0,00	1,7	0,00
Total	–	1017,65	874,50
Product release	86,0	1000,00	860,00

Thus, the recipe for the developed decorative cream includes: fat semi-finished product, condensed milk with sugar, vanilla powder, and dessert wine.

During the analytical and experimental studies, a formulation for a finishing cream based on oleogel was developed without compromising its technological properties. Table 5 presents a comparative characterization of the indicators of the oil-based cream and the developed finishing cream based on oleogel. To compare the technological properties, butter cream and creams based on vegetable fats were used, the technological process of which involves the use of solid fats [14]. Creams made from vegetable cream are widely used for decorating confectionery products. It has been established that in terms of foaming ability and mechanical strength, all creams are similar. Since the butter cream was studied immediately after preparation, its mechanical strength is close to the indicators of creams based on vegetable fats. But after storing the cream at 4°C for 24 hours, its strength increases due to the crystallization of triglycerides in the butter oil.

Table 5

Comparative characteristics of the indicators of cream based on vegetable oils and the developed finishing cream based on oleogel

Name of the semi-finished product	Names of indicators			
	FC, %	FS, %	Mechanical strength, Pa	Type of oil
Developed cream based on oleogel	320±1	99±1	1830±100	Sunflower oil
Oil-based cream (Italy)	320±1	99±1	2055±100	Hydrogenated palm kernel oil
Pastry cream “Cheers” (Ukraine)	370±1	99±1	2217±100	Hydrogenated palm kernel oil
Buttercream	270±1	99±1	1880±100	Milk fat

It has been established that the developed finishing cream based on oleogel has good organoleptic properties, foaming ability, foam stability, and mechanical strength, even though it does not contain solid fat.

Conclusion. It has been determined that the foaming capacity, foam stability, and mechanical strength indicators of the finishing cream based on oleogel are close to the corresponding values of creams made with vegetable fats and butter cream. As a result of the research, the content of food ingredients for obtaining a decorative cream based on oleogel has been determined. The developed cream has good foaming ability, mechanical strength, stable structure, does not contain trans isomers of fatty acids, and can be used for decorating flour confectionery products. Further research is planned to study the impact of fillers on the developed cream with the aim of developing recommendations for forming the assortment of decorative semi-finished products.

References

1. Makarova, O. Tekhnolohiya kondyters′koho vyrobnytstva [Technology of confectionery production]. – Odessa: ONAHT, 2011. – 208 p. [in Ukrainian].
2. Rostovs′kyy V. Tekhnolohiya vyrobnytstva boroshnyanykh kondyters′kykh vyrobiv [Technology of production of flour confectionery] // Condor. – 2018. – № 3. – S. 497. [in Ukrainian].
3. Goral′chuk A.B., Andreyeva S.S., Dikhtyar A.M., Chekanov M.A. Perspektyvy zaminy trans-zhyriv u kharchovykh produktakh [Prospects for the replacement of trans fats in food products.] // Progressive Techniques and Technologies of Food Production of the Restaurant Industry. 2019. – Vol. 2 (30). – P. 23. [in Ukrainian].
4. Romashko I.S., Basarab I.M. Trans-zhyry – problema suchasnosti [Trans fats – a problem of modernity] // Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytskyi. – 2016. – No. 18 (65). – P. 1-4. [in Ukrainian].
5. Jang A., Bae W., Hwang H.-S., Lee H., Lee S. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 187. – No. 1. – P. 525-529.
6. Lim J., Hwang H.-S., Lee S. Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels: rheological, thermal, and oxidative properties // Applied Biological Chemistry. – 2016. – Vol. 60. – No. 1. – P. 17-22.
7. Foshchan A.L., Hryhorenko A.M. Obhruntuvannya udoskonalenykh tekhnolohiy ozdoblenykh kondyters′kykh vyrobiv z vykorystannyam heleutvoryuvachiv riznoyi pryrody [Substantiation of advanced technologies of decorated confectionery products using gel formers of different nature] // Food Science and Technology. – 2012. – No. 3 (20). – P. 5-14. [in Ukrainian].
8. O'Sullivan C., Barbut S., Marangoni A.G. Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: composition and structural design considerations // Trends in Food Science & Technology. – 2016. – Vol. 57. – P. 59-73.
9. Manzocco L., et al. Exploitation of κ-carrageenan aerogels as template for edible oleogel preparation // Food Hydrocolloids. – 2017. – Vol. 71. – P. 68-75.
10. Liu X., et al. Wheat gluten based percolating emulsion gels as simple strategy for structuring liquid oil // Food Hydrocolloids. – 2016. – Vol. 61. – P. 747-755.
11. Mitsou E., et al. Food grade water-in-oil microemulsions as replacement of oil phase to help process and stabilization of whipped cream // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2016. – Vol. 510. – P. 69-76.
12. Goralchuk A., Gubskyy S., Tereshkin O., Kotlyar O., Omelchenko S., Tovma L. Development of a theoretical model for obtaining the whipped emulsions from a dry fat-containing mixture and its experimental verification // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 2. – No. 10 (86). – P. 12-19.
13. Goritsky V. Suchasnyy pidkhid do optymizatsiyi tekhnolohiyi oleoheliv [Modern approach to the optimization of oleogel technology] // Pharmaceutical Journal. – 2012. – No. 5. – P. 40-46. [in Ukrainian].
14. Omelchenko S.B., Goralchuk A.B., Grinchenko O.O. Zbyvni napivfabrykaty na osnovi roslynnykh oliy [Whipped semi-finished products based on vegetable oils] // Food Industry of Agro-Industrial Complex. –2014. –No. 6. –P. 26-30. [in Ukrainian].

Received: 20 June 2025
Accepted: 27 June 2025

С. Омельченко[1], П. Пивоваров[1]

[1]Мемлекеттік биотехнологиялық университеті, Харьков қ., Украина

ҚАТТЫ МАЙЛАРДЫҢ ОРНЫНА ОЛЕОГЕЛЬ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ДЕКОРАТИВТІК КРЕМНІҢ РЕЦЕПТУРАСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа. Өсімдік майларын қолдану өнім құрылымын жақсартуға және сақтау мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта Украинада негізінен қамыр дайындау үшін қолданылатын арнайы майлар өндірісі жолға қойылған. Сондай-ақ, май компоненттері шикі сүтпен біріктіріліп кеңінен қолданылады – бұл сүт майын алмастырғыштар. Оларды пайдаланудың артықшылығы – май фазасының балқу температурасын реттеу мүмкіндігі, жоғары антиоксиданттық тұрақтылық және ұзақ сақтау қабілеті. Кемшіліктеріне тағамдық құндылық, транс-изомерлер мен отқа төзімді майлардың құрамына байланысты сүт майының толыққанды алмастырылмауы жатады. Сондықтан май қоспаларын сұйық майлармен ауыстыру тағам өнімдерінің сапасына әсер етпей, өндіріс технологиясын өзгертусіз мүмкін емес. Осыған байланысты, кремнің түрлі пішінді сәндік элементтерді қалыптастыру кезінде пішінін сақтау қабілетін, органолептикалық, физика-химиялық және санитарлық талаптарға сәйкестігін қамтамасыз ете отырып, құрамында қатты майлар немесе олардың мөлшері төмен майлар, май қышқылдарының транс-изомерлері жоқ майларды пайдалану маңызды. Рафинирленген күнбағыс майы негізіндегі олеогель түріндегі майлы жартылай фабрикатты ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді беткі безендіруге арналған крем рецептурасына енгізудің тиімділігі дәлелденді. Ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді беткі безендіруге арналған кремнің технологиялық қасиеттеріне тағамдық ингредиенттердің әсері талданды. Құрамында қант бар шикізаттың (құмшекер, қант ұнтағы, қант шәрбаты) әсері анықталды. Кремнің пенообразуыштық қабілеті мен көбіктің тұрақтылығы тағамдық ингредиенттердің түрі мен мөлшеріне байланысты зерттелді. Осы технологиялық факторларды анықтау ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді безендіруге арналған крем рецептурасын жетілдіруге, оның құрамындағы сары майды күнбағыс майымен алмастыруға мүмкіндік береді, бұл ретте технологиялық қасиеттер төмендемейді.

Тірек сөздер: ұннан жасалған кондитерлік өнімдер, олеогельдер, әрлеу кремдері, көбіктену қабілеті, көбіктің тұрақтылығы.

С. Омельченко[1], П. Пивоваров[1]

[1]Государственный биотехнологический университет, г. Харьков, Украина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ ДЕКОРАТИВНОГО КРЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЛЕОГЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ЗАМЕНИТЕЛЯ ТВЕРДЫХ ЖИРОВ

Аннотация. Использование растительных масел позволяет получать продукты с улучшенной структурой и увеличенным сроком хранения. В настоящее время в Украине налажено производство специализированных жиров, которые в основном применяются для изготовления теста. Также жировые компоненты широко используются в сочетании с сырым молоком – это заменители молочного жира. К преимуществам их использования относятся возможность регулирования точки плавления жировой фазы, высокая антиоксидантная стабильность и способность к длительному хранению. К недостаткам относится неравноценная замена молочного жира сырьем, содержащим жир, и продуктами его переработки по пищевой ценности, содержанию транс-изомеров и тугоплавких жиров. Таким образом, замена жировых смесей на жидкие масла невозможна без изменения качества пищевых

продуктов, так как требует изменения технологии производства. В этом аспекте важно использовать масла без транс-изомеров жирных кислот, без твердых жиров или с их пониженным содержанием при сохранении способности крема держать форму при формировании различных декоративных элементов, а также при соответствии требованиям органолептических, физико-химических и санитарных показателей. Доказана целесообразность использования жирового полуфабриката на основе рафинированного подсолнечного масла в виде олеогеля в рецептуре крема для поверхностного оформления мучных кондитерских изделий. Проанализировано влияние пищевых ингредиентов на технологические свойства крема для оформления поверхности мучных кондитерских изделий. Определено влияние сахаросодержащего сырья (сахар, сахарная пудра, сахарный сироп). Изучены пенообразующая способность и устойчивость пены крема в зависимости от вида и содержания пищевых ингредиентов. Определение этих технологических факторов позволяет усовершенствовать рецептуру крема для украшения мучных кондитерских изделий, заменив сливочное масло в составе на подсолнечное масло без снижения технологических свойств.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, олеогели, отделочные кремы, пенообразующая способность, устойчивость пены.

ҒТАМР 61.31.51

А.П. Ауешов[1] – *негізгі автор,*
К.Т. Арынов[2], Ч.З. Ескибаева[3],
А.М. Ибраева[4], Э.М. Джолдасова[5]

©

[1,2]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [3]Техн. ғылым. канд., доцент, [4,5]Магистрант

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-3504-9117 [2]https://orcid.org/0000-0002-1440-8248
[3]https://orcid.org/0000-0002-8049-8851 [4]https://orcid.org/0000-0003-0981-0117
[5]https://orcid.org/0000-0001-5563-8990

[1,3,4,5]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]Инновациялық зерттеулер және технология институты, Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]centersapa@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/WSWX7050

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ ӨНДІРІСІНІҢ СЕРПЕНТИНИТТІ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН МАГНИЙ ОКСИДІН АЛУ ҮРДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Магнезиялық байланыстырғыш өндіруге арналған шикізат ретінде гидромагнезит қолданылды. Шикізаттың құрамындағы негізгі заттың мөлшері 98,5-99,1%-ды құрайды, сондай-ақ өте аз мөлшерде қоспа металдар кездеседі (мас. %): Si – 0,26-0,31; Ca – 0,2-0,38; Mn – 0,18-0,36; Na – 0,16-0,42. Жалпы қоспалардың мөлшері 1-1,5%-дан аспайды. Гидромагнезиттің (магний дигидрокабонатының тетрагидраты) термиялық ыдырауының рентгендік фазалық және термографиялық зерттеу нәтижелері келтірілген. 550°С температурада гидромагнезитті қыздырып, 60-120 минут изотермиялық ұстау кезінде, 60 минуттан кейін масса жоғалту айтарлықтай өзгермейтіні анықталды. Орташа масса жоғалту 55,6%-ды құрайды, нәтижесінде алынған магний оксидінің массасы 44,4% болды. Гидромагнезиттің магний оксидіне дейін ыдырау дәрежесіне әсер ететін негізгі физика-химиялық факторлар ретінде күйдіру температурасы мен изотермиялық ұстау уақыты анықталды.

Тірек сөздер: гидромагнезит, магнезиялық байланыстырғыш, рентгендік фазалық талдау, термография, магний оксиді, декарбонизация, магний хлориді.

Ауешов, А.П. Хризотил-асбест өндірісінің серпентинитті қалдықтарынан магний оксидін алу үрдістерін зерттеу [Мәтін] / А.П. Ауешов, К.Т. Арынов, Ч.З. Ескибаева, А.М. Ибраева, Э.М. Джолдасова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.111-118. https://doi.org/10.55956/WSWX7050

Кіріспе. Хризотил – асбест түрлерінің ішінде ең кең тараған және өндірісте жиі қолданылатын серпентин тобының минералдарының (хризотил, лизардит, антигорит) ішінде ең көп қолданылатын минерал [1]. Химиялық құрамы магнийге бай силикат $(Mg_6Si_4O_{10})(OH)_8$, орташа алғанда 40,0% MgO, 38,0% SiO_2, 3,1% Al_2O_3, 1,6% Fe_2O_3, сондай-ақ аз мөлшерде Ca, Cr, Ni және Mn қосылыстарынан тұрады.

Қазақстанда хризотил-асбест Қостанай облысы аумағындағы Жітіқара кен орнында 65 жылдан бері өндіріледі. Осы аралықта мұндағы тау-кен өндіріс орнында хризотил-асбест шикізатын қайта өңдеу қалдықтары көп мөлшерде жинақталып қалған. Олардың жалпы көлемі миллиондаған тоннаны құрайды, жылына шамамен 6-7 млн тонна жаңа қалдық түзіледі. Хризотил-асбесттің негізгі қолданылу аясы – отқа төзімді және жоғары температураға шыдамды қасиеттеріне байланысты құрылыс және жылу оқшаулағыш материалдар өндіру.

Соңғы кездері серпентиниттер, яғни негізінен осы минералдар тобынан тұратын серпентинитті хризотил-асбест өндірісінің қалдықтары, магний және магний қосылыстарын алу мақсатында зерттелуде. Магнийдің дәстүрлі шикізаты – доломитке балама шикізат ретінде серпентинитті қолдану жиі талқылануда. Бұған бірнеше себеп бар. Біріншіден, серпентинитте магний мөлшері 25-26%-ға дейін жетсе, доломитте бұл көрсеткіш 21-22% аралығында болады. Екіншіден, Қазақстанда доломиттің сапалы кен орындары аз. Серпентиниттерді осы уақытқа дейін магний және оның өндірісте маңызды қосылыстарын алу үшін пайдаланбаудың басты себебі – әзірге серпентиниттен оларды алудың практикалық қолдануға қолайлы, экономикалық тұрғыдан тиімді технологияларының болмауы. Бұл мәселе Қазақстан үшін ғана емес, серпентинит кендері мен хризотил-асбест өндірісі дамыған барлық елдер үшін де өзекті мәселе болып табылады.

Серпентиниттер мен серпентинитті қалдықтарды магний және оның қосылыстарын алу мүмкіндіктеріне бағытталған ғылыми зерттеулер жүргізілуде. Осыған байланысты іргелі зерттеулерге келесі [2-6] жұмыстарды жатқызуға болады. Бұл мәселені шешуге Қазақстан ғалымдары соңғы жылдары өз үлестерін қосып келеді. Алайда, қазіргі таңда бұл мәселе бойынша технологиялық, экономикалық және экологиялық тұрғыдағы проблемалардың барлық аспектілері толық шешімін тапқан жоқ, оңтайлы технологиялық шешім әлі ұсынылмаған, яғни зерттеулер жалғасуда. Осы орайда, Оңтүстік Қазақстан университетінде соңғы 10 жылда Жітіқара кен орнының серпентиниттерін қайта өңдеу жолдарын іздестіру бағытында жүйелі түрде ғылыми-ізденіс жұмыстары жүргізілуде, нәтижелері келесі жұмыстарда [7-11] келтірілген.

Әдетте, табиғи магнезиттерді күйдіру барысында түзілетін каустикалық магнезиттің гидравликалық белсенділігі 650-900°С аралығында максималды деңгейге жетеді. Одан жоғары температураларда белсенділік төмендейді, ал 1400°С температурада және одан жоғары болғанда «өлі магнезит», яғни байланыстырушылық-тұтқырлық белсенділігі төмен магнезит түзіледі.

Магний оксидін алуда негізгі шикізат ретінде магний карбонаты ($MgCO_3$) қолданылады. Декарбонизация нәтижесінде, төменгі әлсіз температураларда периклаздан тығыздығы төмен және элементарлы ұяшық параметрлері үлкейтілген түрімен ерекшеленетін бос магний оксиді түзіледі. Магний оксидінің осы түрі $MgCl_2$ ерітіндісімен араластырылғанда жылдам қататын және ауада беріктілік жинайтын магнезиялық цемент алуда қолданылады [12].

Ұсынылып отырған мақалада Жітіқара кенорнының серпентиниттерінен магний тотығын алу үрдісін зерттеу нәтижелері талқыланды.

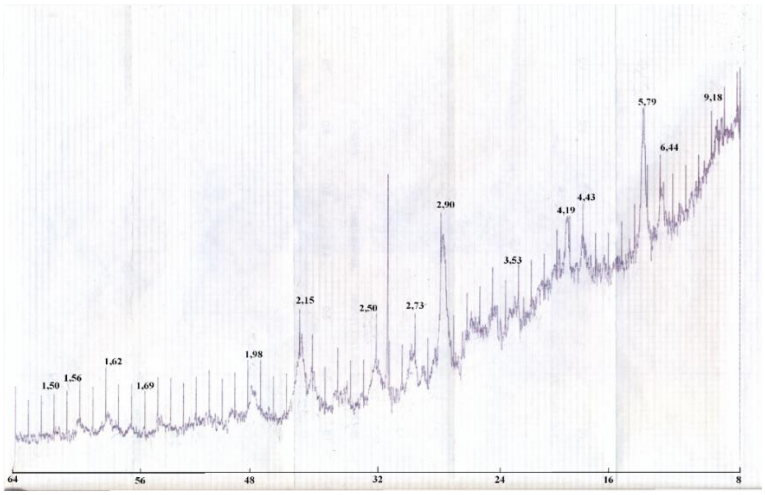
Зерттеу шарттары мен әдістері. *Рентгендік фазалық талдау* (РФТ) Cu, K мыс катоды және никельді фильтрлі ДРОН-3 дифрактометрінде ұнтақ әдісімен, дифракциялық максимумдарды иондық тіркеумен, ганиометр

жылдамдығы 2°/мин жылдамдықта түсірілді. Рентгенограммаларды талдау ASTM картотекасын пайдаланумен орындалды.

Дифференциалды-термиялық талдау (ДТТ) Ф. Паулик, И. Паулик және А. Эрдейдің дериватограф жүйесінде, 1000°С-қа дейінгі температура диапазонында, эталон ретінде Al_2O_3 пайдаланылған кварц шыны тигельдерінде, 10°/мин жылдамдықпен жүргізілді. ДТТ сезімталдығы ДТТ = 1/5, ДТГ = 1/20.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Серпентинит қалдықтарынан магний оксидін алу процесі алдымен қышқылдық (H_2SO_4) шаймалау арқылы магний сульфатының ерітіндісін алудан басталады. Қолданылған ерітінді алдын-ала тазартылып, оның құрамы келесідей болды: $MgSO_4$ – 98,5-99,0%, сондай-ақ аз мөлшерде, мас. %: Si – 0,26-0,31; Ca – 0,22-0,38; Mn – 0,18-0,36; Na – 0,16-0,42. Барлық қоспалық металдардың жалпы мөлшері 1-1,5%-дан аспайды. Дайындалған ерітіндіні содамен өңдеу және тұнбаға түсіру нәтижесінде магний оксидін алу үшін қолданылған гидромагнезит түзіледі. Бұл өнім физика-химиялық зерттеу әдістерімен зерттелді.

Гидромагнезиттің термиялық ыдырауын рентгендік фазалық және термографиялық зерттеу. Сода ерітіндісімен магнийдің күкіртқышқылды тұздарын бейтараптандыру нәтижесінде алынған өнімдердің рентгенограммаларында (1-сурет) гидромагнезитке (магнийдің тетрагидрат дигиротетракарбонатына) сәйкес келетін қарқынды рефлекстер анықталды. Оның қабатаралық қашықтықтары: d/n – 9,18 (4), 6,44 (4), 5,79 (10), 2,90 (9), 2,15 (5) Å [13]. Рентгенографиялық зерттеу нәтижелері көрсеткендей, реакция өнімдерінде бейтараптану процесінің негізгі өнімдік компоненті – гидромагнезит ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot H_2O$) болып табылады.



Сурет 1. Гидромагнезиттің рентгендік фазалық талдауы

Сонымен қатар, рентгенограммаларда d/n – 3,53 (2), 2,72 (3), 2,50 (3), 1,69, 1,50 Å қабатаралық қашықтықтарына сәйкес келетін магний карбонатының әлсіз рефлекстері анықталды. Кальций мен марганец карбонаттарына және гидроксидтеріне сәйкес келетін рефлекстер байқалмады. Сондай-ақ, кремнеземге (SiO_2) тән рефлекстердің болмауы оның аморфты құрылымда түзілгенін көрсетеді.

Гидромагнезитке жүргізілген дериватограммалық зерттеулердің термиялық талдауы (2-сурет), ДТТ қисықтарында 300, 450, 520, 900°С температураларында эндоэффектілердің байқалатынын көрсетті. 230-300°С диапазонындағы эндоэффектілер гидромагнезиттің бруситті қабатының дегидратациясына тән. 420-450°С диапазонындағы эндоэффектілер гидроксидті қабаттың дегидратация процесін сипаттайды. Ал, 500-530°С температура аралығындағы эндоэффект бірнеше құрамдас бөліктермен байланысты: карбонатты қабат пен гидромагнезиттен көмірқышқыл газы (CO_2) бөлінуі нәтижесінде пайда болады.

Дериватограмма нәтижелері бойынша жалпы масса жоғалту 57,8% құрайды, яғни магний оксидінің (MgO) массалық үлесі 42,2%-ға тең.

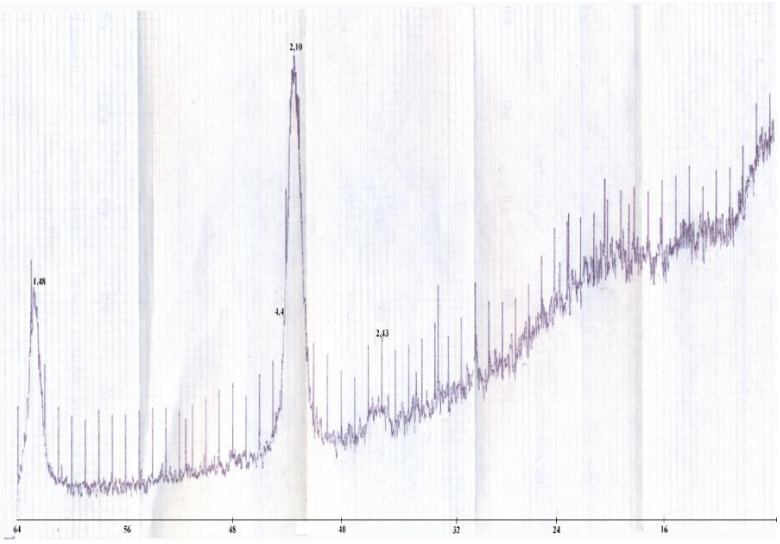
Сурет 2. Тұндырылған сода мен магний гидрокарбонатының тұнбасына арналған дериватограмма

550°С температурасында гидромагнезитті күйдіру кезінде, изотермиялық ұстау уақыты 60-120 минут болған жағдайда, 60 минуттан кейін масса жоғалту айтарлықтай өзгермейтіні және орташа есеппен 55,6%-ды құрайтыны анықталды. Бұл ыдырау өніміндегі магний оксидінің массалық үлесі 44,4%-ға тең екенін көрсетеді. Гидромагнезиттің стехиометриялық ыдырау есептеулері эксперименттік анықталған деректермен сәйкес келеді, яғни MgO-ның теориялық массалық үлесі 42,92%-ды құрауы тиіс (1-кесте).

Кесте 1

Гидромагнезитті 550°С температурада күйдіру нәтижесінде алынған мәліметтер

Шифр	Күйдіру ұзақтығы, τ сағат	Үлгі массасы, г	Δm_{MgO}	Δm	$\Delta m_{H2O+CO2}$
Гидромагнезит	60	17,4053	7,78310	44,72	55,28
	90	17,5654	7,8345	44,60	55,40
	120	17,2507	7,57110	43,89	56,11



Сурет 3. Магний оксидінің (гидромагнезитті күйдіру өнімі) рентгендік фазалық талдауы

Рентгендік талдау нәтижесінде гидромагнезитті күйдіру арқылы алынған өнімнің дифрактограммасында тек магний оксидіне тән қарқынды рефлекстері анықталды (3-сурет). Анықталған қабатаралық қашықтықтар келесі мәндерге тең: d/n – 2,43 (9), 2,10 (10), 1,48 (10), 1,26 (6) Å. Бұл нәтижелер күйдірудің негізгі фазасы периклаз екенін көрсетеді [13].

Қорытынды. Рентгендік фазалық және термографиялық зерттеулер нәтижесінде, магнийдің күкіртқышқылды тұздарын натрий карбонаты ерітіндісімен бейтараптандыру арқылы алынған өнім гидромагнезитке – $Mg_6(CO_3)_4(OH)_2$ $4H_2O$ сәйкес келетіні анықталды. Оның негізгі термиялық ыдырау өнімі – периклаз, ал термографиялық талдау нәтижелеріне сәйкес, гидромагнезиттің толық ыдырау температурасы 550°C, изотермиялық ұстау уақыты 60 минут жеткілікті болатыны анықталды.

Гидромагнезиттің стехиометриялық формуласына сәйкес теориялық MgO үлесі – 42,92%, ал эксперименттік жолмен алынған өнімдегі MgO үлесі осы мәнге сәйкес келеді.

Гидромагнезиттің магний оксидіне дейін ыдырау дәрежесіне әсер ететін негізгі физика-химиялық факторларға – күйдіру температурасы мен изотермиялық ұстау уақытын жатқызуға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Джафаров, Н.Н. Вредные примеси в волокне хризотил-асбеста [Текст] / Н.Н. Джафаров, В.А. Отлыгина // Горно-геологический журнал. – 2020. – №.4. – С. 4-8.
2. Sierra C., Chouinard S., Pasquier L., Mercier G., Blais J. Feasibility Study on the Utilization of Serpentine Residues for Mg(OH)2 Production // Waste Biomass Valoriz. – 2018. – No 9. – P. 1921-1933.
3. Huang P., Li Z., Chen M., Hu H., Lei Z., Zhang Q., Yuan W. Mechanochemical activation of serpentine for recovering Cu (II) from wastewater // Appl. Clay Sci. – 2017. – No 49. – P. 1-7.
4. Sun J., Wen J., Chen B., Wu B. Mechanism of Mg2+ dissolution from olivine and serpentine: Implication for bioleaching ofhigh-magnesium nickel sulfide ore at elevated pH // Int. J. Miner. Met. Mater. – 2019. – No 26. – P. 1069-1079.

5. Зулумян, Н.О. Способ комплексной обработки серпентинита [Текст] / Н.О. Зулумян, А.Р. Исаакян, Т.А. Овсепян // Патент 2407704 РФ, МПК С 01 В33/12 № 2008113333/05. 2010. Бюл. № 36.
6. Сагарунян, С.А. Способ комплексной переработки серпентинитов [Текст] / С.А. Сагарунян, А.Г. Арустамян, Э.С. Агамян, А.М. Аракелян, А.С. Сагарунян // Патент № 2953 А Республика Армения, С 01 В33/00, С 09 С1/00. 2014.
7. Yeskibayeva Ch., Auyeshov A., Arynov K., Dikanbayeva A., Satimbekova A. Nature of serpentinite interactions with low- concentration sulfuric acid solutions // Green Processing and Synthesis. – 2024. – No 13. – P. 9.
8. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Dikanbayeva A., Auyeshov D., Raiymbekov Y. Transformation of Silicate Ions into Silica under the Influence of Acid on the Structure of Serpentinite // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 11. – P. 2502.
9. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Alzhanov K., Raiymbekov Y. Thermoacid Behavior of Serpentinite of the Zhitikarinsky Deposit (Kazakhstan) // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 16. – P. 3965.
10. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Satimbekova A., Alzhanov K. The Thermal Activation of Serpentinite from the Zhitikarinsky Deposit (Kazakhstan // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 18. – P. 4455.
11. Auyeshov A., Eskibayeva Ch., Arynov K., Kolesnikova O., Alzhanov K. Physico-chemical studies of nemalite-containing chrysotile asbestos from the Zhitikarinsky deposit // Scientific and Technical Journal “Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2024. – No 10. – P. 51-61.
12. Корнеев, В.И. Особобыстротвердеющее магнезиальное вяжущее [Текст] / В.И. Корнеев, А.П. Сизоненко, И.Н. Медведева, Е.П. Новиков // Цемент. – 1997. – № 2. – С. 25-28.
13. Михеев, И.В. Рентгенометрический определитель минералов [Текст] / И.В. Михеев. – М.: Госгеолтехиздат, 1987. – 868 с.

Бұл зерттеу ҚР ҒБМ ҒК БНҚ (BR21882242) қаржылық қолдауымен жүзеге асырылды.

Материал редакцияға 10.02.25 түсті, 30.05.25 қабылданды.

А.П. Ауешов[1], К.Т. Арынов[2], Ч.З. Ескибаева[1], А.М. Ибраева[1], Э.М. Джолдасова[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им.М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Институт инновационных исследований и технологии, г. Алматы, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОКСИДА МАГНИЯ ПОЛУЧЕННОГО ИЗ СЕРПЕНТИНИТОВЫХ ОТХОДОВ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Аннотация. В качестве сырья для производства магнезиального вяжущего использовался гидромагнезит. Сырье содержит основное вещество (98,5-99,1%), а также незначительное количество примесных металлов (мас. %): Si – 0,26-0,31; Ca – 0,22-0,38; Mn – 0,18-0,36; Na – 0,16-0,42. Общее содержание примесей не превышает 1-1,5%. Приведены результаты рентгенофазовых и термографических исследований термического разложения гидромагнезита – тетрагидрата дигидрокарбоната магния. Прокаливание гидромагнезита при температуре 550°С с изотермической выдержкой в течение 60-120 минут показывает, что начиная с 60 минут изотермической выдержки потеря массы существенно не изменяется и составляет в среднем 55,6%. То есть масса продукта разложения оксида магния составляет 44,4%. Показано, что физико-химическими факторами, определяющими степень превращения брусита и

гидромагнезита в оксид магния, являются температура обжига и время изотермической выдержки.

Ключевые слова: гидромагнезит, магнезиальные вяжущие, рентгенофазовый анализ, термография, оксид магния, декарбонизация, хлорид магния.

A.P. Auyeshov[1], K.T. Arynov[2], Sh.Z. Yeskibayeva[1], A.M. Ibraeva[1], E.M. Djoldasova[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Institute of Innovation Researches and Technologies, Almaty, Kazakhstan

STUDY OF THE THERMAL DECOMPOSITION PROCESS OF MAGNESIUM OXIDE OBTAINED FROM SERPENTINITE WASTE OF CHRYSOTILE-ASBESTOS

Abstract. Hydromagnesite was used as raw material for the production of magnesian binder. The raw material contains the main substance (98.5-99.1%), as well as a small amount of impurity metals (wt. %): Si – 0.26-0.31; Ca – 0.22-0.38; Mn – 0.18-0.36; Na – 0.16-0.42. The total impurity content does not exceed 1-1.5%. The results of X-ray phase and thermographic studies of the thermal decomposition of hydromagnesite – tetrahydrate magnesium dihydrocarbonate – are presented. Calcination of hydromagnesite at a temperature of 550°C with an isothermal holding time of 60-120 minutes shows that, starting from 60 minutes of isothermal holding, the mass loss does not change significantly and averages 55.6%. Thus, the mass of the decomposition product magnesium oxide is 44.4%. It has been shown that the physicochemical factors determining the degree of conversion of brucite and hydromagnesite into magnesium oxide are the firing temperature and isothermal holding time.

Keywords: hydromagnesite, magnesium binders, X-ray phase analysis, thermography, magnesium oxide, decarbonization, magnesium chloride.

References

1. Dzhafarov N.N., Otlygina V.A. Vrednyye primesi v volokne khrizotil-asbesta [Harmful impurities in chrysotile asbestos fiber] // Mining and Geological Journal. – 2020. – No. 4. – P. 4-8. [in Russian].
2. Sierra C., Chouinard S., Pasquier L., Mercier G., Blais J. Feasibility Study on the Utilization of Serpentine Residues for Mg(OH)2 Production // Waste Biomass Valoriz. – 2018. – No 9. – P. 1921-1933.
3. Huang P., Li Z., Chen M., Hu H., Lei Z., Zhang Q., Yuan W. Mechanochemical activation of serpentine for recovering Cu (II) from wastewater // Appl. Clay Sci. – 2017. – No 49. – P. 1-7.
4. Sun J., Wen J., Chen B., Wu B. Mechanism of Mg2+ dissolution from olivine and serpentine: Implication for bioleaching ofhigh-magnesium nickel sulfide ore at elevated pH // Int. J. Miner. Met. Mater. – 2019. – No 26. – P. 1069-1079.
5. Zulumyan N.O., Isaakyan A.R., Ovsepyan T.A. Sposob kompleksnoy obrabotki serpentinita [Method for complex processing of serpentinite] // Patent 2407704 of the Russian Federation, IPC C 01 B33/12 No. 2008113333/05. 2010. Bull. № 36. [in Russian].
6. Sagarunyan S.A., Arustamyan A.G., Agamyan E.S., Arakelyan A.M., Sagarunyan A.S. Sposob kompleksnoy pererabotki serpentinitov [Method for complex processing of serpentinites] // Patent № 2953 A Republic of Armenia, C 01 B33/00, C 09 C1/00. 2014. [in Russian].
7. Yeskibayeva Ch., Auyeshov A., Arynov K., Dikanbayeva A., Satimbekova A. Nature of serpentinite interactions with low- concentration sulfuric acid solutions // Green Processing and Synthesis. – 2024. – No 13. – P. 9.

8. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Dikanbayeva A., Auyeshov D., Raiymbekov Y. Transformation of Silicate Ions into Silica under the Influence of Acid on the Structure of Serpentinite // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 11. – P. 2502.
9. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Alzhanov K., Raiymbekov Y. Thermoacid Behavior of Serpentinite of the Zhitikarinsky Deposit (Kazakhstan) // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 16. – P. 3965.
10. Auyeshov A., Arynov K., Yeskibayeva Ch., Satimbekova A., Alzhanov K. The Thermal Activation of Serpentinite from the Zhitikarinsky Deposit (Kazakhstan // Molecules, Basel, Switzerland. – 2024. – Vol. 29. – Issue 18. – P. 4455.
11. Auyeshov A., Eskibayeva Ch., Arynov K., Kolesnikova O., Alzhanov K. Physico-chemical studies of nemalite-containing chrysotile asbestos from the Zhitikarinsky deposit // Scientific and Technical Journal “Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2024. – No 10. – P. 51-61.
12. Korneyev V.I., Sizonenko A.P., Medvedeva I.N., Novikov Ye.P. Osobobystrotverdeyushcheye magnezial'noye vyazhushcheye [Particularly fast-hardening magnesite binder] // Cement. – 1997. – No. 2. – P. 25-28. [in Russian].
13. Mikheyev, I.V. Rentgenometricheskiy opredelitel' mineralov [X-ray determinant of minerals]. – Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1987. – 868 p. [in Russian].

МРНТИ 61.01.21: 70.25.17

А.А. Вердиев[1] – *основной автор*,
Б.Г. Мехтиева[2], **М.С. Зарбалиев**[3]

[1,2,3]*Канд. техн. наук, доцент*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0005-0502-345X* [2]*https://orcid.org/0000-0001-6867-7198*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-4699-1335*

[1,2]*Научно-исследовательский институт воды и мелиорации,*
г. Баку, Азербайджанская Республика
[3]*Азербайджанский архитектурно-строительный университет,*
г. Баку, Азербайджанская Республика

@ [1]*verdiev@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/YNJL4632

АНАЛИЗ ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕНКОРАНСКУЮ НИЗМЕННОСТЬ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. В статье представлен анализ химико-экологических изменений природно-хозяйственной среды Ленкоранской низменности Азербайджанской Республики под влиянием антропогенных факторов. Особое внимание уделено трансформациям физиономических компонентов ландшафта (растительность, водоемы, мелиоративные системы) и десипиентных элементов (почвенно-гидрогеологические условия, литогенная основа). Проведен сравнительный анализ с регионами Центральной Азии, выявлены различия в водообеспеченности и методах ирригационного управления. На основе данных дистанционного зондирования и полевых исследований оценено влияние технического состояния гидромелиоративных систем на химическое состояние почв и вод. Результаты подтверждают необходимость модернизации инфраструктуры для стабилизации экологической обстановки и повышения устойчивости агроландшафтов.

Ключевые слова: химико-экологический анализ, мелиорация, антропогенное воздействие, дистанционное зондирование, Ленкоранская низменность.

Вердиев А.А. Анализ химико-экологических изменений в условиях антропогенного воздействия на Ленкоранскую низменность Азербайджанской Республики [Текст] / А.А. Вердиев, Б.Г. Мехтиева, М.С. Зарбалиев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.119-128. https://doi.org/10.55956/YNJL4632

Введение. Ленкоранская низменность представляет собой уникальный природно-хозяйственный регион Азербайджанской Республики, характеризующийся высокой обеспеченностью водными ресурсами, близким залеганием грунтовых вод и активным сельскохозяйственным использованием. В условиях усиливающегося антропогенного воздействия, в том числе в результате эксплуатации гидромелиоративных систем, в регионе наблюдаются значительные химико-экологические изменения, затрагивающие почвенно-гидрологические и геологические компоненты среды [1-5].

Основное назначение гидромелиоративных систем – обеспечение устойчивого водоснабжения и регулирование водного режима в агроландшафтах. Однако нарушения в их функционировании могут приводить к деградации почв, засолению, заболачиванию и ухудшению качества водных ресурсов. В Ленкорани, в отличие от регионов Центральной Азии, водный баланс преимущественно поддерживается за счёт атмосферных осадков, что снижает зависимость от искусственного орошения. Тем не менее, изменение климата, рост температуры и нестабильность осадков усиливают нагрузку на существующую мелиоративную инфраструктуру.

В регионе функционирует разветвлённая сеть оросительных и дренажных каналов, общая протяжённость которых превышает 3600 км. Наряду с этим, построены водохранилища (Ханбуланчай, Вилешчай, Бабасар и др.), играющие ключевую роль в регулировании водоснабжения. Однако техническое состояние многих сооружений не соответствует современным требованиям, что снижает их эффективность и увеличивает экологические риски [6].

Гидромелиоративные системы активно взаимодействуют с геологической средой, и любые отклонения от проектных параметров могут вызывать негативные изменения как в инженерных конструкциях, так и в окружающей среде [7-10]. В частности, при нерациональном орошении возможно вторичное засоление почв и загрязнение грунтовых вод, что требует комплексного мониторинга и оценки.

Условия и методы исследования. С учётом вышеизложенного, целью настоящего исследования является анализ химико-экологических изменений, происходящих в Ленкоранской низменности под влиянием антропогенных факторов, с акцентом на оценку технического состояния гидромелиоративных систем и их воздействия на природную среду. В работе применяются методы дистанционного зондирования Земли, полевые наблюдения, химический анализ проб почв и воды, а также оценка физико-механических свойств грунтов [11-15].

Одним из наиболее информативных инструментов дистанционного мониторинга состояния растительности является нормализованный вегетационный индекс (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index). Он основан на различии в отражательной способности растительности в красном (0,6-0,7 мкм) и ближнем инфракрасном (0,7-1,0 мкм) диапазонах спектра. Здоровая растительность активно поглощает красный свет и интенсивно отражает инфракрасное излучение, что позволяет количественно оценивать плотность и состояние зеленой массы.

Формула расчета:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где: NIR – отражательная способность в ближнем инфракрасном диапазоне; RED – отражательная способность в красном диапазоне.

Значения NDVI варьируются от –1 до +1. Отрицательные значения соответствуют водным объектам, значения выше 0,1 указывают на наличие растительности, а более высокие значения - на густую зеленую массу. На основе NDVI территория Ленкоранской низменности была классифицирована по пяти типам ландшафтного покрова: водные объекты и голая почва,

кустарники и пастбища, редкие деревья и кустарники, густая растительность, густой лесной покров [16-18].

Для повышения точности анализа использовался также индекс SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), учитывающий влияние почвенного фона. Он особенно полезен при анализе участков с разреженной растительностью:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} \cdot (1 + L) \quad (2)$$

где, L – коэффициент, зависящий от плотности растительного покрова (при густой растительности L ≈ 0, при разреженной - L ≈ 1).

В качестве исходных данных использовались спутниковые снимки Landsat-5, Landsat-8 и Landsat-9 за 2013, 2019 и 2024 годы, полученные с портала USGS EarthExplorer. На основе расчетов NDVI и SAVI были построены тематические карты и выполнена классификация ландшафтных компонентов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика изменения компонентов ландшафта Ленкоранской низменности (2013-2024 гг.)

№	Классы ландшафта	2013 г.	2019 г.	2024 г.	Изменение (2013-2024), кв. км
1	Водные объекты и голая земля	118,53	125,46	173,89	+55,36
2	Кустарники и пастбища	440,53	618,32	581,48	+140,95
3	Редкие деревья и кустарники	551,38	596,59	526,32	−25,06
4	Густая растительность	574,46	539,55	540,59	−33,87
5	Густой лесной покров	926,94	731,94	789,58	−137,36

Сравнительный анализ спутниковых данных за 2013 и 2024 годы выявил существенные изменения в структуре растительного покрова, особенно в районе Ленкоранчайского магистрального канала. Отмечено увеличение площади пастбищ и кустарников, а также снижение площади густого лесного покрова. Эти изменения могут быть связаны как с климатическими факторами, так и с техногенным воздействием, включая эксплуатацию мелиоративных систем.

Для наглядного представления результатов были построены гистограмма и график, отражающие динамику изменения площадей по каждому классу ландшафта.

На рисунках 1 и 2, в виде гистограммы и графика соответственно, отражены изменения площади, занимаемой каждым классом покрытия в районе исследования по данным 2013-2024 годов.

Объектом исследования являются магистральные каналы – Ханбуланчайский Левобережный, Башарычайский и Ленкоранчайский, а также коллекторно-дренажные сети, расположенные на территории Ленкоранской низменности. Исследование охватывает оценку технического состояния каналов, включая бетонное покрытие, заиление русел, развитие растительности и наличие разрушений.

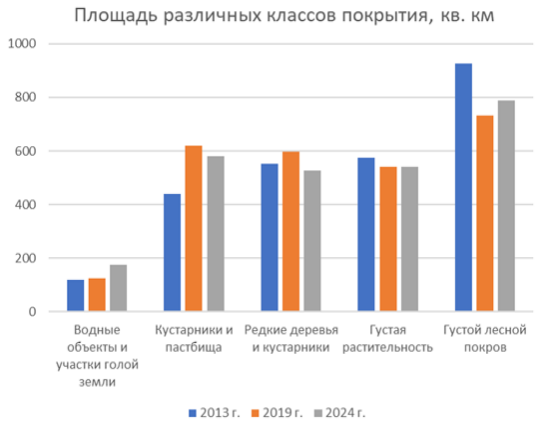


Рис. 1. Гистограмма изменений, произошедших в классах покрытия в регионе за 2013-2024 годы

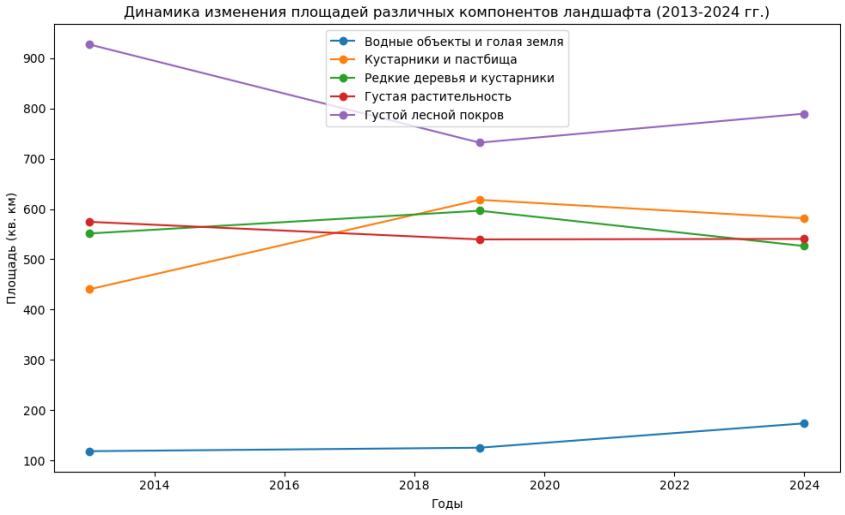


Рис.2. График изменений, произошедших в классах покрытия в регионе за 2013-2024 годы

Каналы, введённые в эксплуатацию с 1976 года, подвергались регулярному обслуживанию, однако на отдельных участках наблюдаются признаки деградации: зарастающие мхом и водолюбивыми растениями поверхности, отсутствие защитных полос, а также заиление, вызванное поступлением поверхностных вод и твёрдых частиц. Эти процессы свидетельствуют о недостаточной защите и антропогенном вмешательстве вдоль всей трассы каналов.

В Ханбуланчайском Левобережном канале обрушений не зафиксировано, тогда как в Ленкоранчайском канале частота разрушений составила 21,3% от общего числа зарегистрированных случаев. Основные дефекты включают трещины, раскалывание бетонного покрытия, соскальзывание и падение элементов конструкции, особенно вблизи дюкеров. Эти изменения обусловлены набуханием грунта и нарушением геотехнической устойчивости.

Для визуализации состояния каналов использовались 3D-модели и фотоматериалы, отражающие характер разрушений и степень техногенного воздействия (рис. 3).

Рис. 3. Вид Ленкоранчайского канала и фотографии разрушения его конструкции

Результаты исследований. Для оценки химико-экологических изменений, происходящих в условиях антропогенного воздействия на Ленкоранскую низменность, использовались данные стационарных режимно-наблюдательных наблюдений за гидрогеолого-мелиоративным состоянием орошаемых земель. Работы проводились в соответствии с утверждённой методикой [19-22] под руководством Управления по контролю за использованием и охраной вод и гидрогеолого-мелиоративной службы (УКИОВГМС).

На территории Ленкоранского, Астаринского и Масаллинского районов было размещено в общей сложности 242 наблюдательные скважины, обеспечивающие мониторинг состояния почв и грунтовых вод. Распределение скважин и охваченных площадей представлено в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики дренажной сети и режимных наблюдений на орошаемых землях Ленкоранской низменности (по состоянию на 01.01.2022)

Район	Общая площадь орошаемых земель, га	Под контролем, га	Число наблюдательных скважин, шт.	Обеспечение картами засоления, га
Масаллинский	55693	9886	81	9886
Ленкоранский	45193	8728	79	8728
Астаринский	38158	4519	21	4519
Итого	139 044	23 133	242	23 133

По результатам наблюдений, на исследуемых участках признаков засоления почв не выявлено, что свидетельствует о стабильном

мелиоративном состоянии на момент обследования. Эти данные легли в основу дальнейшего анализа химического состава почв и вод, а также оценки эффективности функционирования мелиоративной инфраструктуры.

Наиболее значимыми факторами, осложняющими эксплуатацию гидромелиоративных систем Ленкоранской низменности, являются разрушение и растрескивание бетонного покрытия каналов, заиление русел, а также развитие водолюбивой растительности в швах и на откосах. Особенно выражено заиление в Ханбуланчайском Левобережном канале, что связано с отсутствием или недостаточной охраной полосы отвода.

Полевые исследования показали, что коллекторно-дренажная сеть в целом находится в рабочем состоянии, однако требует проведения ремонтных мероприятий, включая очистку от ила и растительности. Анализ гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель, находящихся под наблюдением, подтвердил отсутствие признаков засоления, что свидетельствует о стабильности мелиоративного режима на момент обследования.

На основе анализа фондовых материалов, литературных источников, спутниковых данных и результатов полевых исследований, проведённых в разные годы, сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. Геологическое строение, гидрогеологические и инженерно-геологические условия, а также техногенное воздействие способствуют развитию экзогенно-геодинамических процессов (ЭГП), что требует постоянного мониторинга.

2. Основной эксплуатационный дефект – заиление каналов и рост водолюбивой растительности – является системной проблемой, характерной для большинства исследованных объектов.

3. Гидротехнические сооружения, входящие в состав мелиоративных систем, нуждаются в ремонте и восстановлении эксплуатационных характеристик.

4. Изучение состояния гидромелиоративных сооружений в системе «речной бассейн – водохранилище – оросительная сеть» имеет важное научное и практическое значение для обеспечения рационального водопользования и охраны водных ресурсов.

Заключение. Одной из ключевых проблем, влияющих на эффективность эксплуатации оросительных каналов Ленкоранской низменности, являются фильтрационные потери воды, вызванные дефектами бетонного покрытия, нарушением герметичности швов и развитием водолюбивой растительности. Эти процессы не только снижают водоэффективность, но и способствуют вторичному загрязнению почв и вод, что имеет прямое отношение к химико-экологическому состоянию региона.

С точки зрения химических технологий, особое значение имеет подбор и применение современных материалов с улучшенными гидроизоляционными и антикоррозионными свойствами. Использование модифицированных бетонных смесей, полимерных герметиков и наноструктурированных добавок позволяет существенно повысить водонепроницаемость конструкций, устойчивость к агрессивным средам и долговечность каналов.

Кроме того, химико-технологические методы могут быть применены для:

– очистки каналов от заиливания с использованием реагентов, разрушающих органические отложения;

– обработки швов и стыков герметизирующими составами на основе силикатных или эпоксидных смол;

– мониторинга качества воды с помощью экспресс-методов химического анализа (например, фотометрии, ионометрии), что позволяет оперативно выявлять загрязнение, связанное с разрушением каналов.

Учитывая: низкий расход воды (менее 10 м³/с); отсутствие охранных зон; техногенное вмешательство и сложные грунтовые условия, целесообразно рассмотреть реконструкцию каналов с переходом на закрытые трубопроводные системы, выполненные из химически стойких материалов (например, ПВХ, ПЭ или стеклопластика). Это позволит минимизировать потери воды, снизить риски загрязнения и повысить экологическую устойчивость мелиоративной инфраструктуры.

Список литературы

1. Безднина, С.Я. Водно-экологические аспекты устойчивого развития мелиорации [Текст] / С.Я. Безднина // Мелиорация: этапы и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2006. – С. 35-46.
2. Широкова, Ю.И. Опыт, задачи и перспективы улучшения мелиоративного контроля орошаемых земель [Текст] / Ю.И. Широкова, А.К. Чернышев, Н.Ш. Шарафутдинова // Мелиорация: этапы и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2006. – С. 35-46.
3. Ахмедзаде, А.Д. Энциклопедия. Мелиорация и водное хозяйство [Текст] / А.Д. Ахмедзаде, А.Д. Гашимов. – Баку: Радиус, 2016. – 632 с.
4. Галкин, А.Н. Об управлении литотехническими системами и его инженерно-геологическом обосновании [Текст] / А.Н. Галкин, В.Г. Жогло // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования: материалы IX Университетских геологических чтений. – Минск, 2015. – С. 19-21.
5. Соловьев, В.О. Экологическая геология [Текст] / В.О. Соловьев, И.М. Фык, В.Н. Прибылова. – Харьков, 2012. – 160 с.
6. Бондарик, Г.К. Методика инженерно-геологических исследований [Текст] / Г.К. Бондарик. – М.: Недра, 1985. – 335 с.
7. Huai W.X., Zang J., Wang W.J., Katul G.G. Turbulence structure in open channel flow with partially covered artificial emergent vegetation // Journal of Hydrology. – 2019. – Vol. 573. – P. 180-193.
8. Косиченко, Ю.М. Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации [Текст] / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 8. – С. 1147-1162.
9. Вердиев, А.А. Оценка ожидаемых изменений по проектным параметрам магистральных каналов земляного русла с точки зрения надежности [Текст] / А.А. Вердиев // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – № 11.
10. Губер, К.В. Технология орошения деградированных земель [Текст] / К.В. Губер // Мелиорация: этапы и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2006. – С. 35-46.
11. ВСН 33-2.1.05-90. Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания [Текст]. – 2014.
12. Мамедов, Г.Ш. Методическое указание по составлению интерактивных электронных карт экологической оценки земель и земель на основе географических информационных систем [Текст] / Г.Ш. Мамедов, А.Т. Алиев, Л.С. Касымов. – Баку: Наука, 2018. – 80 с.
13. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений [Текст] / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
14. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
15. Мамедов, Г.Ш. Основы инженерной геологии [Текст]: учебник / Г.Ш. Мамедов, А.С. Гашимов, А.А. Вердиев. – Баку: Наука, 2012. – 139-223 с.

16. Kerle N., Janssen L., Huurneman G. Principles of Remote Sensing. – ITC Educational Textbook Series, 2001. – 540 p.
17. Wu T., Luo J., Zhou Y., et al. Geo-Object-Based Land Cover Map Update for High-Spatial-Resolution Remote Sensing Images via Change Detection and Label Transfer // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12. – P. 174.
18. Konecny G. Geoinformation. Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information Systems. – CRC Press, 2014. – 452 p.
19. Gilabert M.A., Gonzilez-Piqueras J., Martinez B. Theory and Applications of Vegetation Indices. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/288925469.
20. Кадастр гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель в Азербайджанской Республике на 01 января 2022 года [Текст]. – Баку: УКИОВГМС, 2022.
21. Мамедов, Р.Н. Инструкция по организации полива, эксплуатации коллекторно-дренажных сетей в хозяйствах и оценке гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых полей [Текст] / Р.Н. Мамедов, М.Я. Асадов, Х.Ф. Джафаров, А.Д. Гашимов. – Баку: Араз, 2002. – 86 с.
22. Вуглинский, В.С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР [Текст] / В.С. Вуглинский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 222 с.

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования по научным, научно-техническим программам на 2023-2025 годы МНиВО РК BR21882415 «Разработка технологии безопасной утилизации сточных вод для полива кормовых культур и древесных насаждений в условиях дефицита воды в Кызылординской области».

Материал поступил в редакцию 20.06.25, принят 27.06.25.

А.А. Вердиев[1], Б.Г. Мехтиева[1], М.С. Зарбалиев[2]

[1]Су және мелиорация ғылыми-зерттеу институты,
Баку қ., Әзербайжан Республикасы
[2]Әзербайжан сәулет-құрылыс университеті, Баку қ., Әзербайжан Республикасы

ӘЗЕРБАЙЖАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЛЕНКОРАН ЖАЗЫҒЫНДА АДАМ ӘРЕКЕТІНІҢ ӘСЕРІНДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада Әзербайжан Республикасының Ленкоран жазығындағы табиғи-шаруашылық ортада антропогендік факторлардың әсерінен болған химиялық-экологиялық өзгерістерге талдау жасалған. Зерттеу барысында ландшафттың физиономиялық компоненттері (өсімдіктер жамылғысы, су айдындары, мелиорациялық жүйелер) мен десипиенттік элементтерінің (топырақ-гидрогеологиялық жағдайлар, литогендік негіз) трансформациясына ерекше назар аударылды. Орталық Азия аймақтарымен салыстырмалы талдау жүргізіліп, су ресурстарымен қамтамасыз етілуі мен ирригациялық басқару әдістеріндегі айырмашылықтар анықталды. Қашықтықтан зондтау деректері мен далалық зерттеулер негізінде гидромелиорациялық жүйелердің техникалық жағдайының топырақ пен су құрамына әсері бағаланды. Зерттеу нәтижелері экологиялық жағдайды тұрақтандыру және агроландшафтардың тұрақтылығын арттыру мақсатында инфрақұрылымды жаңғыртудың қажеттілігін көрсетеді.

Тірек сөздер: химиялық-экологиялық талдау, мелиорация, антропогендік әсер, қашықтықтан зондтау, Ленкоран жазығы.

A.A. Verdiyev[1], B.G. Mekhtiyeva[1], M.S. Zarbaliev[2]

[1]Scientific Research Institute of Water and Reclamation, Baku, Republic of Azerbaijan
[2]Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Republic of Azerbaijan

ANALYSIS OF CHEMICAL AND ECOLOGICAL CHANGES UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT IN THE LANKARAN LOWLAND OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Abstract. This article presents an analysis of chemical and ecological changes in the natural and economic environment of the Lankaran Lowland of the Republic of Azerbaijan under the influence of anthropogenic factors. Special attention is given to the transformation of physiognomic components of the landscape (vegetation cover, water bodies, reclamation systems) and recipient elements (soil-hydrogeological conditions, lithogenic base). A comparative analysis with regions of Central Asia was conducted, revealing differences in water availability and irrigation management practices. Based on remote sensing data and field studies, the impact of the technical condition of hydro-reclamation systems on the chemical composition of soils and water was assessed. The results confirm the need for infrastructure modernization to stabilize the ecological situation and enhance the sustainability of agro-landscapes.

Keywords: chemical-ecological analysis, reclamation, anthropogenic impact, remote sensing, Lankaran Lowland.

References

1. Bezdnina S.Ya. Vodno-ekologicheskie aspekty ustoichivogo razvitiya melioratsii [Water-ecological aspects of sustainable development of land reclamation] // Melioratsiya: etapy i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.-proizv. konf [Reclamation: stages and development prospects. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. – Moscow, 2006. – S. 35-46. [in Russian].
2. Shirokova Yu.I., Chernyshyev A.K., Sharafutdinova N.Sh. Opyt, zadachi i perspektivy uluchsheniya meliorativnogo kontrolya oroshaemykh zemel' [Experience, tasks and prospects for improving reclamation control of irrigated lands] // Melioratsiya: etapy i perspektivy razvitiya [Reclamation: stages and development prospects]. – Moscow, 2006. – P. 35-46. [in Russian].
3. Akhmedzade A.D., Gashimov A.D. Entsiklopediya. Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo [Encyclopedia. Reclamation and Water Management]. – Baku: Radius, 2016. – 632 p. [in Russian].
4. Galkin A.N., Zhoglo V.G. Ob upravlenii litotekhnicheskimi sistemami i ego inzhenerno-geologicheskom obosnovanii [On management of lithotechnical systems and its engineering-geological justification] // Aktual'nye voprosy inzhenernoi geologii, gidrogeologii i ratsional'nogo nedropol'zovaniya [Topical issues of engineering geology, hydrogeology and rational subsoil use]. – Minsk, 2015. – P. 19-21. [in Russian].
5. Solov'yev V.O., Fyk I.M., Pribylova V.N. Ekologicheskaya geologiya [Ecological Geology]. – Kharkiv, 2012. – 160 p. [in Russian].
6. Bondarik G.K. Metodika inzhenerno-geologicheskikh issledovanii [Methods of Engineering and Geological Research]. – Moscow: Nedra, 1985. – 335 p. [in Russian].
7. Huai W.X., Zang J., Wang W.J., Katul G.G. Turbulence structure in open channel flow with partially covered artificial emergent vegetation // Journal of Hydrology. – 2019. – Vol. 573. – P. 180–193. DOI:10.1016/j.jhydrol.2019.03.071.
8. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Gidravlicheskaya effektivnost' orositel'nykh kanalov pri ekspluatatsii [Hydraulic efficiency of irrigation canals in operation] // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – No. 8. – P. 1147-1162. [in Russian].

9. Verdiyev A.A. Otsenka ozhidaemykh izmenenii po proektnym parametram magistral'nykh kanalov zemlyanogo rusla s tochki zreniya nadezhnosti [Assessment of expected changes in the design parameters of main earthen canals in terms of reliability] // Bulletin of Science and Practice. – 2022. – Vol. 8. – No. 11. [in Russian].
10. Guber K.V. Tekhnologiya orosheniya degradirovannykh zemel' [Technology of irrigation of degraded lands] // Melioratsiya: etapy i perspektivy razvitiya [Reclamation: stages and development prospects]. – Moscow, 2006. – P. 35-46. [in Russian].
11. VSN 33-2.1.05–90. Gidromeliorativnye sistemy i sooruzheniya. Gidrogeologicheskie i inzhenerno-geologicheskie izyskaniya [Hydromeliorative Systems and Structures. Hydrogeological and Engineering-Geological Surveys]. – 2014. [in Russian].
12. Mamedov G.Sh., Aliyev A.T., Kasymov L.S. Metodicheskoe ukazanie po sostavleniyu interaktivnykh elektronnukh kart ekologicheskoi otsenki zemel' [Guidelines for compiling interactive electronic maps for environmental land assessment]. – Baku: Science, 2018. – 80 p. [in Russian].
13. Shovengerdt R.A. Distantsionnoe zondirovanie. Modeli i metody obrabotki izobrazhenii [Remote Sensing: Models and Image Processing Methods]. – Moscow: Technosphere, 2010. – 560 p. [in Russian].
14. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide to Chemical Soil Analysis]. – Moscow: Izd-vo MGU, 1970. – 488 p. [in Russian].
15. Mamedov G.Sh., Gashimov A.S., Verdiyev A.A. Osnovy inzhenernoi geologii [Fundamentals of Engineering Geology]: textbook. – Baku: Science, 2012. – 139-223 p. [in Russian].
16. Kerle N., Janssen L., Huurneman G. Principles of Remote Sensing. ITC Educational Textbook Series. – 2001. – 540 p.
17. Wu T., Luo J., Zhou Y., et al. Geo-Object-Based Land Cover Map Update for High-Spatial-Resolution Remote Sensing Images via Change Detection and Label Transfer // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12. – P. 174.
18. Konecny G. Geoinformation. Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information Systems. CRC Press, 2014. – 452 p.
19. Gilabert M.A., Gonzilez-Piqueras J., Martinez B. Theory and Applications of Vegetation Indices. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/288925469.
20. Kadastr gidrogeologo-meliorativnogo sostoyaniya oroshaemykh zemel' v Azerbaydzhanskoi Respublike na 01 yanvarya 2022 goda [Cadastre of hydrogeological and reclamation status of irrigated lands in the Republic of Azerbaijan as of January 1, 2022]. – Baku: UKIOVGMS, 2022. [in Russian].
21. Mamedov R.N., Asadov M.Ya., Dzhafarov Kh.F., Gashimov A.D. Instruktsiya po organizatsii poliva, ekspluatatsii kollektorno-drenazhnykh setei v khozyaistvakh i otsenke gidrogeologo-meliorativnogo sostoyaniya oroshaemykh polei [Instruction on the organization of irrigation, operation of collector-drainage networks in farms and assessment of the hydrogeological-reclamation state of irrigated fields]. – Baku: Araz, 2002. – 86 p. [in Russian].
22. Vuglinsky V.S. Vodnye resursy i vodnyi balans krupnykh vodokhranilishch SSSR [Water resources and water balance of large reservoirs of the USSR]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. – 222 p. [in Russian].

IRSTI 61.31.57

S.Sh. Toleutayeva[1] – *main author*,
M.S. Kalmakhanova[2], U.G. Kanatbek[3]

[1]Master's student, [2]PhD, [2]Student

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0005-9823-6015 [2]https://orcid.org/0000-0002-8635-463X [3]https://orcid.org/0009-0005-4568-9993*

[1,2,3]M.Kh. Dulaty Taraz University,
Taraz, Kazakhstan

@ *[1]sabina02t@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/PGXO6981

THE USE OF METAKAOLIN-BASED GEOPOLYMERS FOR WASTEWATER TREATMENT

Abstract. The article presents methods for the purification and removal of cadmium and lead ions using materials based on metakaolin, cement, Kokshetau clay, and geopolymers. The adsorption properties were studied during the preparation of a model solution using cadmium and lead salts. The efficiency of the purification process was evaluated using infrared (IR) spectroscopy and atomic emission spectroscopy methods. The results demonstrate that geopolymers serve as an effective and eco-friendly alternative for treating wastewater contaminated with heavy metals. The findings highlight the potential of geopolymers as an innovative and sustainable approach to wastewater management, reducing environmental pollution and associated health risks. The results of the work showed the possibility of using Geopolymers as an environmentally effective and alternative method for treating wastewater contaminated with heavy metals.

Keywords: wastewater, water treatment, metacaolin, Geopolymers, heavy metals, adsorption, IR spectroscopy.

Toleutayeva S.Sh., Kalmakhanova M.S., Kanatbek U.G. The use of metakaolin-based geopolymers for wastewater treatment //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.129-138. https://doi.org/10.55956/PGXO6981

Introduction. The increasing contamination of wastewater with heavy metals worldwide leads to environmental degradation, health problems, and ecosystem disruption. Approximately 25% of the global population consumes drinking water contaminated with heavy metals and other hazardous substances, posing a significant threat to human health. Addressing this issue involves a well-established process known as wastewater management, which includes wastewater collection, purification using geopolymers, and reuse [1,2]. Efforts to combat water pollution in many countries have undoubtedly been crowned with some success. However, the problems continue to get more complicated and become more serious. In developing Asia, about 785 million people do not have access to safe and sustainable water sources. This pollution is mainly caused by the discharge of industrial wastewater. As in many other countries, wastewater pollution and treatment remain urgent problems in Kazakhstan. According to various sources,

only 58 out of 87 cities in Kazakhstan have sewage treatment plants, and many of these facilities do not meet regulatory standards or function improperly [3].

Thus, the removal of heavy metals harmful to human health (such as cadmium and lead) using geopolymers is an important and environmentally safe alternative. Currently, wastewater filtration sites in the Zhambyl region are in unsatisfactory condition. This negatively affects the drinking water supply of settlements throughout the region, harms human health, and damages agricultural lands [4]. The main source of pollution in the southwestern part of the region is related to phosphate mining and processing. According to data, the annual volume of untreated wastewater reaches approximately 23,028,000 cubic meters per year [5]. If wastewater is not pretreated, it may lead to groundwater contamination and pose a threat of hazardous flooding in settlements near Zhambyl district [6]. Therefore, the removal of heavy metals from water using geopolymers remains one of the most urgent issues today.

Biological treatment of wastewater represents significant progress in environmental protection. However, wastewater treatment plants generate sludge, which is one of the most common types of waste. Incineration is one method of sludge disposal, but it does not fully meet all requirements. Firstly, due to the high water content (80-90%), it requires energy-intensive and inefficient drying. Secondly, the incineration process leads to the release of toxic gases, such as carbon dioxide [7].

In recent years, the need for effective water resource management and solutions to environmental problems has increased. In this context, the use of metakaolin-based geopolymers in wastewater treatment has gained significant attention [8]. Geopolymers are recognized as environmentally friendly materials due to their high mechanical and chemical stability.

Geopolymers are a new class of synthetic aluminosilicate materials obtained through the alkaline activation of various aluminosilicate raw materials, such as fly ash, natural clays, zeolites, and feldspar [9]. These eco-friendly materials compete significantly with Portland cement-based construction materials since their production does not emit CO_2, involves minimal costs, and exhibits superior mechanical properties compared to other materials [10].

The structure of geopolymers consists of alternating chains of silicon and aluminum atoms, classified by J. Davidovits as polysilicates (–Si–O–Al–O–), poly (silicate-sialate) (–Si–O–Al–O–Si–O–), and poly (silicate-disialate) (–Si–O–Al–O–Si–O–Si–O–) [11]. Similar to zeolites, silicon $[SiO_4]^{4-}$ and aluminum $[AlO_4]$ tetrahedra in geopolymers form two- and three-dimensional networks, with excess negative charge compensated by exchangeable cations such as Na+, K+ and Ca2+ [12]. However, unlike zeolites, geopolymers mostly have an amorphous structure, and the presence of zeolite phases strongly depends on the synthesis conditions. The addition of an alkaline activator (NaOH, Na_2SiO_3, KOH, K_2SiO_3) to a source of silicon and aluminum leads to their dissolution, followed by a polymerization reaction to form a Si–O–Al–O geopolymer grid. The result is a material with excellent bonding properties, mechanical strength and heat resistance [13]. Due to their low calcium content, copolymers have a higher resistance to acids and salt solutions compared to Portland cement. These properties make geopolymers suitable not only for the construction industry, but also for the disposal and localization of industrial waste [14].

To enhance the mechanical strength and adsorption capacity of geopolymers for pollutants, zeolites are incorporated as fillers during the synthesis process. This addition increases compressive strength and improves the adsorption of methylene

blue and copper ions (7.8 mg Cu^{2+}/g) from aqueous solutions. Additionally, the dispersion of Cu_2O particles within the geopolymer matrix results in a novel photoactive composite capable of removing methylene blue from water or air [15,16].

Materials and methods. Preparation of the suspension. Metakaolin powder is added to the solution of the compound Na_2O/Al_2O_3 in molar proportions of 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 and 1.8. Then hydrogen peroxide, H_2O_2 and polysorbate 80 are added to the aqueous solution as surfactants.To obtain a foamed suspension, the mixture must be mixed.

Preparation of geopolymer balls. The resulting homogeneous suspension is continuously injected into a polyethylene glycol solution in a water bath at a temperature of 70℃ using syringes for making balls of porous geopolymers. The granules have the shape of a ball and are scattered in solution using a syringe. Inside the solution, the suspension freezes instantly, and when the excess sodium hydroxide is removed, the suspension, which has turned into a ball, can be easily collected.Thus, porous polymer beads were obtained within 24 hours after drying at room temperature. To avoid damage during adsorption, the obtained geopolymer samples were washed with deionized water at 60℃ for 1 hour, and then steamed for 24 hours. Before filtration and drying, the samples were repeatedly washed with deionized water for at least 24 hours until the PH reached 7 ± 0.5. The adsorption process was carried out using a washed geopolymer as a heavy metal absorber.However, the adsorption of Pb(II), Cd(II), Ni(II), and Cu(II) was significantly reduced. Thanks to clay minerals (Kokshetau clay, metakaolin), water was successfully adsorbed.

The following materials were used as the object of research in this article: cement, metakaolin, natural clayey clay. To prepare samples, Kokshetau clay was fired at 650℃, 800℃ for 6 and 12 hours in a muffle furnace. Wastewater contaminated with heavy metals (Cd, Pb) was used as a model solution. The total concentration of the model solution is 50 mg/l.

To obtain the geopolymer material, natural clay was first modified. That is, the materials obtained by firing were prepared (natural clay 6 hours – 650℃, 12 hours – 650℃, 6 hours – 800℃ 12 hours – 800℃. In order to increase the activity of the sample taken as an adsorbent, it was modified according to the method given below. Each piece of Kokshetau clay was weighed on a porcelain plate weighing 100 g. The first 100 grams of clay were fired in a muffle furnace at a temperature of 800℃ for 6 hours. The second clay pot weighing 100 grams was fired in a muffle furnace at a temperature of 800℃ for 12 hours. The third 100-gram clay pot was fired in a muffle furnace at 650℃ for 6 hours. The fourth 100-gram clay pot was fired in a muffle furnace at 650℃ for 6 hours. As a result, 6 samples were prepared, 4 of which were made of clay and metacaolin, cement. Cadmium and lead ions were used to remove metal ions using the obtained adsorbents.

The following tools were used to determine the physico-chemical properties of the obtained adsorbents and geopolymers:

- Elemental analysis;
- Infrared spectroscopy;
- Atomic emission spectroscopy method.

Research results and discussion. According to the results of the analysis, it was found that the metacaolin-based geopolymer contains more of the element O (47.51%). At the same time, Al (22.78%) and Si (27.75) are found in greater quantities than other metals (Table 1).

Table 1

The elemental composition of metacaolin

Metacaolin	Percentage of elemental composition (%)						
	O	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Average calculation	47.51	22.78	27.75	0.18	0.16	0.66	0.95

According to the results of this analysis, it was seen that in 12 hours the element O (42.03%) in the composition of the material was more. In addition,in terms of metals, Si (23.24%), Al (16.50%) and Fe (15.52%) are found. It has been shown that in 6 hours the element O (40.43%) in the composition of the material is more. In addition , the result shows that there are much more metals in Si (23.47%) and Fe (17.67%), Al (15.57%) than in 12 hours in comparison (Table 2).

Table 2

Elemental composition of Kokshetau clay at 800°C for 12.6 hours

Kokshetau clay (12.6 hours 800°C)	Percentage of elemental composition (%)							
	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Average values 12 hours	42.03	0.25	16.50	23.24	0.50	0.24	1.72	15.52
Average values 6 hours	40.43	0.12	15.57	23.47	0.51	0.34	1.89	17.67

According to the results of the analysis, it turned out that in 12 hours the material contains more oxides SiO_2 (47.10%) and Al_2O_3 (29.85%). Also found in the amount of FeO (19.03%). It has been shown that in 6 hours the element O (40.43%) in the composition of the material is more. In addition , the result shows that there are much more metals in Si (23.47%) and Fe (17.67%), Al (15.57%) than in 12 hours in comparison (Table 3).

Table 3

Kokshetau clay oxygen analysis by stoichiometry at 800°C for 12.6 hours

Kokshetau clay (12.6 hours 800°C)	Percentage of elemental composition (%)						
	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	FeO
Average values 12 hours	0,19	27,76	46,74	0,57	0,44	2,95	21,33
Average values 6 hours	0,40	29,85	47,10	0,57	0,31	2,73	19,03

IR spectroscopy results. The IR spectra of 6 different adsorbents obtained were studied and discussed. The IR spectra of the studied samples were determined based on the results of mineral and inorganic groups present in their composition. In the composition of adsorbents, antigorite, analzyme, akmite,kaolinite, anthrophylite, actionolite, Andalusite, arfvedsonite, astrophyllite, albite and oxides of magnesium and calcium are found. The absorption lines 540 and 563 cm^{-1} relate to the absorption lines for antigorite, actinolite 673 and 683 cm^{-1}, Andalusite 732 and 746 cm-1 and other minerals (Table 4).

Table 4

Results of 6H IR spectroscopy of 1 sample of metacaolin

Natural clay	νAntigorite (cm^{-1})	νActinolite (cm^{-1})	νAndalusian (cm^{-1})	νArfvedsonite (cm^{-1})	νCalcium oxide (cm^{-1})	νMagnium oxide (cm^{-1})
Metacaolin sample 1 6H	554 560	673 683	732 746	784 795	1014 1027	1133 1151

The infrared spectroscopy results of the sample of natural Kokshetau clay, calcined at 650°C for 12 hours, revealed various mineral and inorganic absorption spectra. Specifically, the absorption bands were identified as follows: 555-563 cm^{-1} for antigorite, 609-618 cm^{-1} for analcime, and 728-736 cm^{-1} for acmite. In addition, the absorption bands at 995-1020 cm^{-1} corresponded to calcium oxide, while those at 1125-1140 cm^{-1} indicated the presence of magnesium oxide (Table 5).

Table 5

Results of 12H IR spectroscopy of 1 sample of metakaolin

Natural clay	νAntigorite (cm^{-1})	νAnalcim (cm^{-1})	νAcmite (cm^{-1})	νCalcium oxide (cm^{-1})	νMagnium oxide (cm^{-1})	νAntigorite (cm^{-1})
Metacaolin sample 1 12H	555 563	609 618	728 736	995 1020	1125 1140	555 563

The infrared spectroscopy results of the cement sample showed the absorption spectra of various minerals and inorganic compounds (Table 6). Specifically, the following were observed: 613-621 cm^{-1} for Analcime, 671-677 cm^{-1} for Anhydrite, 1076-1084 cm^{-1} for Antigorite, 725-750 cm^{-1} for Aegirine, and 824-921 cm^{-1} for Anthophyllite. Additionally, Calcium oxide was detected at 964-972 cm^{-1}.

Table 6

IR spectroscopy results of cement sample

Studied samples	νAntigorite (cm^{-1})	νAnalcim (cm^{-1})	νAnghydrite (cm^{-1})	νAcmite (cm^{-1})	νAntrophylitis (cm^{-1})	νCalcium oxide (cm^{-1})
Cement	1076 1084	611 623	671 678	725 750	824 921	1008 1028

As a result of infrared spectroscopy, the metacaolin sample showed spectra of various minerals and inorganic absorption, namely 613-621 cm^{-1} Analzyme, 671-677 cm^{-1} anhydrite, 785-792 cm^{-1} Arfedsonite, 549-557 cm^{-1} Astrophyllite,1134-1138cm^{-1} albite. In addition, 964-972 cm^{-1} showed calcium oxide (Table 7).

Table 7

IR spectroscopy results of the metacaolin sample

Studied samples	νAnalcim (cm^{-1})	νAnghydrite (cm^{-1})	νArfvedsonite (cm^{-1})	νAstrophyllite (cm^{-1})	νCalcium oxide (cm^{-1})	νAlbite (cm^{-1})
Metacaolin	613 621	671 677	785 792	549 557	964 972	1134 1138

Study of the adsorption effect. To determine the effect of the weight of the adsorbent on the adsorption process, 4 different weights ($m_{(adsorbent)}$ = 0.2;0.4;0.6;0.8 g) of each sample were prepared and studied. As a sample, we studied 6 different adsorbents, namely 4 samples of fired Natural Clay, i.e. 6 and 12 hours at 650,800°C (MC1 6H, MC1 12H, MC2 6H, MC2 12h), metacaolin and cement.According to the results of the studies obtained, the adsorption of the heavy metal ion Cd (II) and Pb (II) increased due to the increase in the weight of MC1 6 H (650°C 6H fired clayfish). The yield of MS1 6H adsorbent to Cd (II) heavy metal ion was reduced to 0.2 g/l – 46%; 0.4 g/l – 45%; 0.6 g/l – 80%; 0.8 g/l – 94%, respectively. We found that the yield of PB (II) heavy metal ions decreased by 0.2 g/l – 91%; 0.4 g/l – 86%; 0.6 g/l – 94%; 0.8 g/l – 95%, respectively. These results have already reached good indicators due to the increase in the surface area of MS1 6H, can be applied to Cd (II) and Pb (II) adsorption. Based on the results obtained, we can see in the figure 1 below that it has achieved good results in the adsorption of two metal ions.

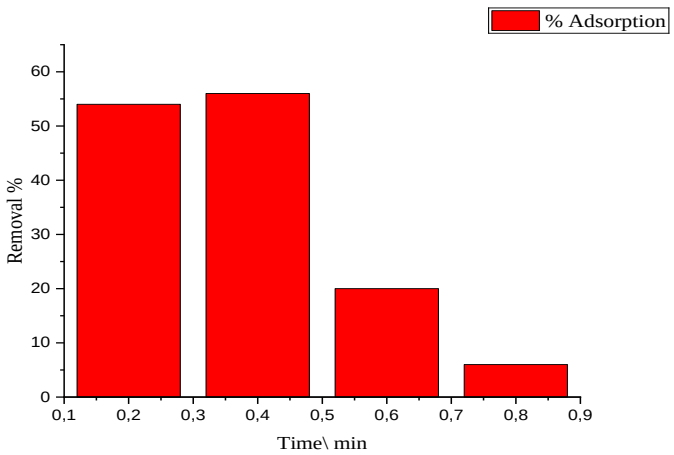


Fig. 1. Study of the adsorption effect

The results of the analysis obtained using the atomic emission spectroscopy instrument for the adsorbent are presented in Tables 8 and 9 below. According to the obtained results, for the Cd (II) ion, at a concentration of 0.8 g/L with a contact time of 12 hours, the yield was 21%, while for the Pb (II) ion, at the same concentration of 0.8 g/L, the yield reached 91%. In these four different samples, as the adsorbent mass increased, the adsorption capacity of the heavy metal also increased. However, for the cadmium ion, adsorption was weak, leading to the conclusion that it is ineffective as an adsorbent.

Table 8

Results of NPP analysis of the effect of different weights on the adsorption process on a heavy metal ion Cd(II)

No.	Name of the adsorbent	Weight, g/l	Tool indication	$C_{Cd(II)}$	Not adsorbed Cd(II), %	Total adsorption yield, %
1	Metacaolin sample1 (650℃, 6h)	*Primary*	*50*	*51.56*	*100%*	
		0.2	1.12	28	54%	46%
		0.4	1.13	28.25	56%	45%
		0.6	0.41	10.25	20%	80%
		0.8	0.12	3	6%	94%
2	Metacaolin sample1 (800℃, 12h)	*Primary*	*1.83*	*52.31*	*100%*	
		0.2	1.67	41.75	80%	20%
		0.4	1.62	40.5	77%	23%
		0.6	1.46	36.5	70%	30%
		0.8	0.98	24.5	47%	53%
3	Metacaolin	*Primary*	*50*	*49.20*	*100%*	
		0.2	1.61	40.25	82%	18%
		0.4	1.45	36.25	74%	26%
		0.6	1.05	26.25	53%	47%
		0.8	1.11	27.75	56%	44%
4	Cement	*Primary*	*50*	*51.28*	*100%*	
		0.2	2.16	54	105%	5%
		0.4	2.07	51.75	101%	1%
		0.6	2.05	51.25	99.94%	0.06%
		0.8	2.08	52	101%	1%
5	Metacaolin sample2 (650℃, 6h)	*Primary*	*50*	*51.15*	*100%*	
		0.2	0.15	3.75	19%	81%
		0.4	0.07	1.75	11%	89%
		0.6	0.10	2.5	14%	86%
		0.8	0.10	2.5	14%	86%
6	Metacaolin sample2 (800℃, 12h)	*Primary*	*50*	*50.35*	*100%*	
		0.2	1.96	49	97%	3%
		0.4	1.85	46.25	92%	8%
		0.6	1.85	46.25	92%	8%
		0.8	1.60	40	79%	21%

Table 9

Results of AES Analysis on the Effect of Different Weights on the Adsorption Process of Pb(II) Heavy Metal Ion

№	Name of the adsorbent	Weight, g/l	Tool indication	$C_{Pb(II)}$	Not adsorbed Pb(II), %	Total adsorption yield, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Metacaolin sample1 6h (650℃, 6h)	*Primary*	*50*	*47.06*	*100%*	
		0.2	0.16	4	9%	91%
		0.4	0.26	6.5	14%	86%
		0.6	0.12	3	6%	94%
		0.8	0.10	2.5	5%	95%
2	Metacaolin sample1 12h(800℃, 12h)	*Primary*	*50*	*48.07*	*100%*	
		0.2	0.28	7	15%	85%
		0.4	0.27	6.75	14%	86%
		0.6	0.11	2.75	6%	94%
		0.8	0.08	2	4%	96%

Table 9 (continued)

1	2	3	4	5	6	7
3	Metacaolin	*Primary*	*50*	*43.79*	*100%*	
		0.2	0.44	11	25%	75%
		0.4	0.22	5.5	13%	87%
		0.6	0.16	4	9%	91%
		0.8	0.16	4	9%	91%
4	Cement	*Primary*	*50*	*43.21*	*100%*	
		0.2	0.34	8.5	20%	80%
		0.4	0.26	6.5	15%	85%
		0.6	0.28	7	16%	84%
		0.8	0.38	9.5	22%	78%
5	Metacaolin sample2 6h (650°C, 6h)	*Primary*	*50*	*44.75*	*100%*	
		0.2	0.34	8.5	8%	92%
		0.4	0.20	5	4%	96%
		0.6	0.25	6.25	5%	95%
		0.8	0.25	6.25	5%	95%
6	Metacaolin sample2 12h (800°C, 12h)	*Primary*	*50*	*44.89*	*100%*	
		0.2	0.40	10	22%	78%
		0.4	0.26	6.5	14%	86%
		0.6	0.22	5.5	12%	88%
		0.8	0.16	4	9%	91%

After studying all the samples, our conclusion proved that MS2 as an adsorbent is effective if it takes a weight of 6h at 0.4 g/l. For this work, we examined the purification of Cd(II) metal by 89%, and for Pb(II) metal by 96%. In fact, if we analyze all the results Cd(II) heavy metal ion it has been observed that it is more difficult to purify in water than PB(II) ion. There are currently 3 known ways to purify this cadmium, but only one way to eliminate cadmium in this drinking water is the ion exchange method. Ionites extract 98% of cadmium from water. The disadvantages of water purification from cadmium by Ion Exchange are the limited resource of cartridge operation, the need for frequent resins. Pb (II) uses reverse osmosis and electrodialysis when it comes to metal ion purification. These methods provide only 70-90% lead purification of water, and our developed treatment method provided 96% lead. That is why we used geopolymer adsorbent in this cleaning work. The geopolymer adsorbent, consisting of a layer of metacaolin, has been found not only cheap, simple and environmentally safe, but also reliable. During wastewater treatment, the predominant amount of metal ions was destroyed and reduced.

Conclusion. Geopolymers i.e. metacaolin, cement, clayfoil as adsorbents in recent years for highly environmentally friendly materials, they have aroused great interest. At the moment, they are inexpensive and affordable materials. The basis for wastewater treatment is now cadmium and lead heavy metal ions, both economically and ecologically causes trouble.

According to the results of the study, we took 6 samples, that is, Kokshetau Clay was fired in a muffle furnace for 6,12 hours at 650°C and 6.12 hours at 800°C, cement and metacaolin. Examination of the elemental composition and infrared spectroscopic analyzes were carried out to determine the physico – chemical properties of adsorbents.

After examining all the samples, our conclusion proved that metacaolin as an adsorbent is effective if the sample2 6H weighs 0.4 g/l. For this work, we examined the purification of Cd(II) metal by 89%, and for Pb(II) metal by 96%. In

fact, if we analyze all the results Cd(II) heavy metal ion it has been observed that it is more difficult to purify in water than PB(II) ion.

In general, good, that is, positive results were obtained on the studied samples. The geopolymer adsorbent, consisting of a layer of metacaolin, has been found not only cheap, simple and environmentally safe, but also reliable. During wastewater treatment, the predominant amount of metal ions was destroyed and reduced.

References

1. Provis J.L., van Deventer J.S.J. Geopolymers: structure, processing, properties and industrial application. – Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2009. – P. 187-203.
2. Davidovits J. Geopolymer Chemistry and Sustainable Innovations. – 2015. – P. 56-92.
3. Korosteleva L.A., Koschaev A.G. Osnovy ekologii mikroorganizmov [Fundamentals of Microorganism Ecology]. – [?]. – 2013. – 144 p. – [in Russian].
4. Kalmurzaev E.A. Geopolimerlik materialdar: teoriya zhane praktika [Geopolymer materials: theory and practice]. – Almaty: KazMU, 2018. – 145-150 p. [in Kazakh].
5. Kalygin V.G. Ekologicheskaya bezopasnost' v tekhnosfere. Terminy i opredeleniya [Ecological safety in the technosphere. Terms and definitions]. – Moscow: Koloss, 2008. – 65-66 p. [in Russian].
6. Rad'ko T.N. Osnovy geoekologii [Fundamentals of Geoecology]. – Moscow: Knorus, 2013. – 144 p. [in Russian].
7. Sarkesov O.R. Ekologicheskaya bezopasnost' i ekologo-pravovye problemy v oblasti zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Environmental Safety and Ecological-Legal Problems in the Field of Environmental Pollution]: a textbook for University Students Studying Law. – Moscow: Yuniti-Dana, 2013. – 12-16 p. [in Russian].
8. Maslov N.V. Gradostroitel'naya ekologiya [Urban Environmental Studies]: a textbook for Construction Universities. – Moscow: Vysshaya shkola, 2003. – 52 p. [in Russian].
9. Aliyev R.A., Avromenko A.A. Osnovy obshchey ekologii i mezhdunarodnoy ekologicheskoy politiki [Fundamentals of General Ecology and International Environmental Policy]. – Moscow: Aspect-Press, 2014. – 56 p. [in Russian].
10. Badangev B.T. Ekologicheskaya bezopasnost' predpriyatiya: prikazy, akty, instruktsii, zhurnaly, polozheniya, plany [Environmental Safety of the Enterprise: Orders, Acts, Instructions, Journals, Regulations, Plans]. – Moscow: Alfa-press, 2012. – 129-256 p. [in Russian].
11. Chekmarev A.S., Seo D.K., Skorina T.V., Chekmareva G.D. [?] // Bulletin of Kazan Technological University. – 2012. – Vol. 15. – No. 20. – P. 50-55. [in Russian].
12. Kulskiy L.A., Goronovskiy I.T., Koganovskiy A.M., Shevchenko M.A. Spravochnik po svoystvam, metodam analiza i ochistki vody [Handbook on Properties, Analysis Methods, and Water Purification]. – Kyiv: Nauchnaya dumka, 1980. – 44-46 p. [in Russian].
13. Fernández-Jiménez A., Palomo A. Metakaolin: A Review // Advances in Cement Research. – 2005. – P. 25-41.
14. Zhang M.-H., Henderson D. The Role of Metakaolin in Water Treatment // Water Research. – 2014. – Vol. 54. – P. 125-133.
15. Kovalchuk A., Dzhafarov T. Application of Metakaolin-based Geopolymers in Wastewater Treatment // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 234. – P. 459-467.
16. Arulrajah S.K.T., Malekzadeh T.A.S., et al. Review on Geopolymers and Their Applications in Wastewater Treatment // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol. 29, No. 15. – P. 21726-21745.

Received: 03 March 2025
Accepted: 02 April 2025

С.Ш. Төлеутаева[1], М.С. Қалмаханова[1], Ұ.Ғ. Қанатбек[1]

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

АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ МАҚСАТЫНДА МЕТАКАОЛИН НЕГІЗІНДЕГІ ГЕОПОЛИМЕРЛЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мақалада метакаолин, цемент, Көкшетау сазы және геополимерлер негізіндегі материалдарды қолданып, кадмий мен қорғасын иондарын тазарту және жою әдістері қарастырылған. Адсорбциялық қасиеттер модельдік ерітіндіні кадмий және қорғасын тұздарын пайдалана отырып дайындау барысында зерттелді. Тазарту үдерісінің тиімділігі инфрақызыл (IR) спектроскопиясы және атомдық эмиссиялық спектроскопия әдістері арқылы бағаланды. Зерттеу нәтижелері геополимерлердің ауыр металдармен ластанған ағын суларды тазартуда тиімді және экологиялық таза балама екенін көрсетті. Бұл нәтижелер геополимерлердің қоршаған ортаны ластауды азайтып, денсаулыққа тигізетін қауіпті төмендету арқылы, инновациялық және тұрақты шешім ретінде әлеуетін айқындайды. Жұмыс нәтижелері геополимерлерді ауыр металдармен ластанған ағын суларды тазартудың экологиялық тиімді және балама әдісі ретінде қолдануға болатындығын көрсетті.

Тірек сөздер: ағынды сулар, суды тазарту, метакаолин, геополимерлер, ауыр металдар, адсорбция, ИҚ спектроскопиясы.

С.Ш. Толеутаева[1], М.С. Калмаханова[1], У.Г. Канатбек[1]

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ МЕТАКАОЛИНА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В статье представлены методы очистки и удаления ионов кадмия и свинца с использованием материалов на основе метакаолина, цемента, кокшетауской глины и геополимеров. Адсорбционные свойства были изучены при приготовлении модельного раствора с использованием солей кадмия и свинца. Эффективность процесса очистки оценивалась с использованием методов инфракрасной (ИК) спектроскопии и атомно-эмиссионной спектроскопии. Результаты показывают, что геополимеры служат эффективной и экологичной альтернативой для очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами. Полученные результаты подчеркивают потенциал геополимеров как инновационного и устойчивого подхода к управлению сточными водами, снижающего загрязнение окружающей среды и связанные с этим риски для здоровья. Результаты работы показали возможность использования геополимеров в качестве экологически эффективного и альтернативного метода очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами.

Ключевые слова: сточные воды, водоподготовка, метакаолин, геополимеры, тяжелые металлы, адсорбция, ИК-спектроскопия.

МРНТИ 61.37.29

Р.М. Кудайбергенова[1] – *основной автор*,
Э.А. Байбазарова[2], **А. Асилбекова**[3],
А. Ибадильда[4], **С.М. Кантарбаева**[5]

©

[1]*PhD, ассоц. профессор,* [2,5]*Магистр, преподаватель,* [3,4]*Студент*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-9904-9979* [2]*https://orcid.org/0000-0002-8925-8053*
[5]*https://orcid.org/0000-0001-5566-1672*

[1,2,3,4,5]*Таразский университет им. М.Х. Дулати,*

г. Тараз, Казахстан

@ [3]*evisko_87_87@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/XXLR4780

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА АЦЕТОНИТРИЛА: ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ СГОРАНИЯ

Аннотация. Ацетонитрил (CH-CN) представляет собой важное органическое соединение, широко используемое в химическом синтезе, аналитической химии и промышленности. Определение его энтальпии сгорания является ключевым параметром для энергетических расчётов и оптимизации технологических процессов. В данной работе экспериментально определялась энтальпия сгорания ацетонитрила с использованием калориметра IKA C 6000 в изопериболическом режиме. Образцы ацетонитрила с точным взвешиванием помещались в полиэтиленовые ампулы, после чего проводилось сжигание в кислородной среде с фиксированием температурного подъёма. Полученные температурные данные использовались для расчёта количества выделяемой теплоты и, соответственно, энтальпии сгорания.

Ключевые слова: ацетонитрил, энтальпия, термохимия, калориметр, тепловые эффект.

Кудайбергенова, Р.М. Синтез и характеристика ацетонитрила: тепловые эффекты сгорания [Текст] / Р.М. Кудайбергенова, Э.А. Байбазарова, А. Асилбекова, А. Ибадильда, С.М. Кантарбаева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.139-145. https://doi.org/10.55956/XXLR4780

Введение. Термохимические исследования играют ключевую роль в современной химии, поскольку позволяют определять энергетические характеристики веществ и их реакций. Один из важнейших параметров термохимии – энтальпия сгорания, отражающая количество теплоты, выделяемой при полном окислении соединения в кислородной среде. Изучение этого параметра необходимо для:

- расчёта теплотворной способности веществ;
- разработки энергетических материалов и топлив;
- оптимизации химических и биотехнологических процессов;
- оценки экологической безопасности химических соединений [1].

Ацетонитрил (CH-CN) является важным объектом термохимических исследований, поскольку широко применяется в химической промышленности и аналитической химии. Данные о его термодинамических

характеристиках необходимы для более точного описания энергетических процессов, связанных с его использованием.

Благодаря высокой полярности ацетонитрил является отличным растворителем для полярных и неполярных соединений. Он также проявляет термостабильность и химическую инертность по отношению ко многим реактивам, что делает его универсальным компонентом в лабораторной и промышленной химии [2].

Цель данной работы – экспериментально определить энтальпию сгорания ацетонитрила методом калориметрии, провести анализ погрешностей и сравнить полученные результаты с литературными данными.

Ацетонитрил нашёл широкое применение в различных отраслях химической промышленности:

1. Органический синтез – используется как растворитель и реагент в производстве фармацевтических препаратов, пестицидов, красителей и полимеров.
2. Электрохимия – входит в состав электролитов для литий-ионных батарей благодаря своей высокой диэлектрической проницаемости и способности растворять соли лития.
3. Аналитическая химия – незаменимый растворитель в высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), где обеспечивает эффективное разделение сложных смесей.
4. Нефтепереработка – применяется для экстракции диеновых углеводородов и сероорганических соединений из нефтяных фракций [3].

Энтальпия сгорания ацетонитрила — ключевой параметр для оценки его энергетической ценности и термодинамических свойств. Теоретические расчёты и экспериментальные данные показывают, что энтальпия сгорания ацетонитрила составляет около –1175,2 кДж/моль [4]. Однако экспериментальные измерения могут давать небольшие отклонения, связанные с методическими погрешностями и влиянием примесей.

В данной работе методом калориметрии проведено экспериментальное определение энтальпии сгорания ацетонитрила. Цель исследования – получить точные данные о теплоте сгорания этого соединения, провести анализ погрешностей и сравнить полученные результаты с литературными данными.

Условия и методы исследования. Для проведения эксперимента использовались следующие вещества:

– Ацетонитрил (CH-CN) – аналитически чистый реактив (Sigma-Aldrich). Для предотвращения влияния примесей перед экспериментами ацетонитрил подвергался осушению над молекулярными ситами (тип 3A) [4].

– Кислород (O_2) – чистый газ, используемый для обеспечения полного сгорания ацетонитрила [5].

– Запальное вещество – хлопчатобумажная нить, применяемая для инициирования реакции сгорания [6].

Оборудование. Эксперименты проводились на калориметрической установке IKA C 6000, работающей в изопериболическом режиме. Основные параметры прибора: *т*еплоёмкость калориметра: 8036 Дж/К, рабочие условия: температура 298,15 К, давление кислорода 30 бар, термометрическая система: датчики с точностью измерения 0,00001 К [7-9].

Методика проведения эксперимента. Эксперимент проводился методом калориметрии сгорания, который основан на измерении количества

теплоты, выделяемой при полном окислении вещества в избыточной кислородной среде. Данный метод обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов, что позволяет определить энтальпию сгорания ацетонитрила с минимальными погрешностями.

1. Подготовка образцов

Взвешивание образцов. Для проведения эксперимента использовались навески ацетонитрила массой от 0,3 до 0,5 г. Взвешивание проводилось на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Во избежание испарения ацетонитрил немедленно запаивался в полиэтиленовые ампулы, которые перед использованием проверялись на герметичность.

2. Калибровка калориметра

Перед началом измерений прибор калибровался с использованием бензойной кислоты, стандартное значение теплоты сгорания которой составляет –26,42 кДж/г. Калибровка позволяла определить точную теплоёмкость системы, которая затем использовалась в расчетах.

3. Проведение измерений

Подготовка калориметра. Сосуд для разложения заполнялся чистым кислородом до давления 30 бар для обеспечения полного окисления ацетонитрила. Контролировалась температура воды в калориметре, которая должна была оставаться постоянной (298,15 К).

Запуск процесса сгорания. Запальное устройство (хлопчатобумажная нить) поджигалось, вызывая мгновенное возгорание ацетонитрила. При сгорании выделялась теплота, которая передавалась воде в калориметре, вызывая повышение температуры системы.

Регистрация температурных изменений. Температура фиксировалась каждые 0,2 минуты с высокой точностью (до 0,00001 К). Записывался максимальный подъём температуры \Delta t, который затем использовался для расчёта энтальпии сгорания.

4. Обработка экспериментальных данных

Расчёт энтальпии сгорания. Использовалась формула:

$$\Delta H_{сгор}=\frac{W\Delta t-Q_{ext}}{m} \quad (1)$$

где: W – теплоёмкость калориметра, Δt – температурный подъём, Q_{ext} – поправка на запальное вещество, m – масса ацетонитрила.

Коррекция на потери теплоты. Были учтены дополнительные потери энергии, связанные с теплопроводностью стенок калориметра. Для повышения точности расчетов проводились повторные измерения, после чего вычислялось среднее значение энтальпии сгорания.

Экспериментальное значение сравнивалось с теоретическими данными из литературных источников, что позволяло оценить достоверность полученных результатов.

Выводы по методике. Использование изопериболического калориметра обеспечило минимальные потери теплоты и высокую точность измерений. Методика позволила определить энтальпию сгорания ацетонитрила с погрешностью не более 1,9%. Экспериментальные данные продемонстрировали хорошее соответствие с теоретическими значениями, что подтверждает эффективность применённого метода.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе эксперимента были проведены три серии измерений. Основные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные

№ опыта	Масса АН (г)	Δt (°C)	Q (Дж/г)
1	0,47238	2,790	34197
2	0,29716	2,145	35072
3	0,27343	1,952	35799

Графический анализ. Были построены графики зависимости температуры от времени, показывающие равномерность процесса сгорания (рис. 1, 2, 3) [10].

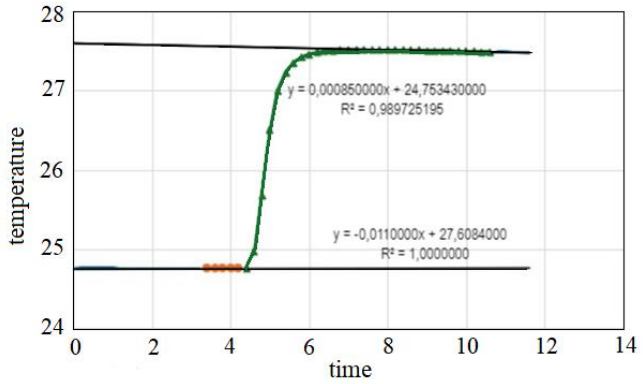


Рис. 1. Равномерность процесса сгорания

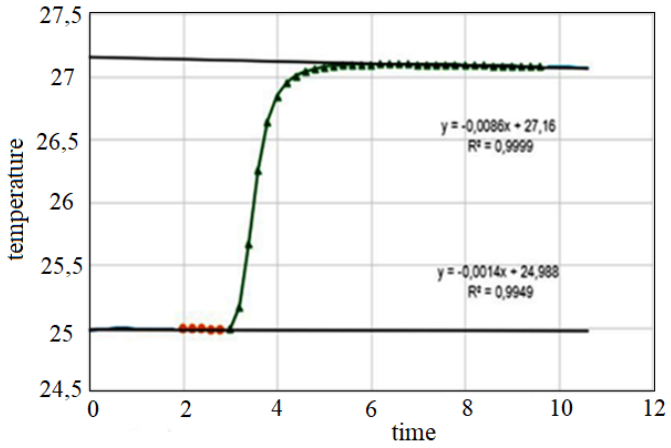


Рис. 2. Равномерность процесса сгорания

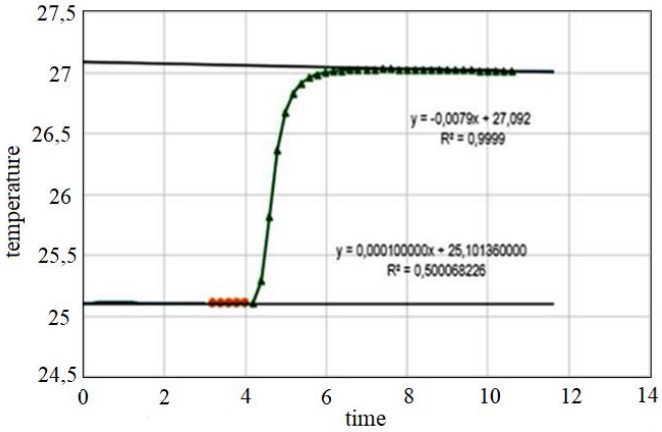


Рис. 3. Равномерность процесса сгорания

Оценка погрешностей. Основные источники погрешностей:

– точность взвешивания образцов (±0,0001 г) [5];
– калибровка калориметра [6];
– теплопотери в системе [7].

Сравнение с литературными данными. Экспериментальное значение энтальпии сгорания ацетонитрила: –1197,4 кДж/моль.

Теоретическое значение: –1175,2 кДж/моль [1].

Отклонение составило 1,9%, что свидетельствует о высокой точности эксперимента.

Заключение. В данной работе проведено экспериментальное определение энтальпии сгорания ацетонитрила методом калориметрии. Полученное значение –1197,4 кДж/моль хорошо согласуется с литературными данными (–1175,2 кДж/моль), а относительное отклонение составило 1,9%, что подтверждает высокую точность методики.

Исследование показало, что ацетонитрил обладает высокой теплотворной способностью, что делает его важным объектом для термохимических и энергетических расчётов. Данный параметр играет ключевую роль в процессах, связанных с использованием ацетонитрила в органическом синтезе, аналитической химии и промышленности.

Дополнительно была проведена оценка погрешностей измерений. Основные источники возможных отклонений включали: точность взвешивания образцов; теплопотери в системе калориметра; возможное присутствие примесей в ацетонитриле.

Однако проведённый анализ показал, что все эти факторы не оказывают значительного влияния на конечные результаты, что подтверждает надежность экспериментального метода.

Для дальнейшего углубления знаний о термохимических свойствах ацетонитрила целесообразно провести дополнительные исследования:

– изучение влияния примесей на теплоту сгорания ацетонитрила с использованием различных методов очистки;

– определение термодинамических параметров ацетонитрила при различных температурах и давлениях;

– сравнение с аналогичными нитрилами, такими как пропионилтрил и бутиронитрил, для выявления закономерностей в изменении теплоты сгорания в гомологическом ряду;

– применение более точных калориметрических методов, таких как адиабатическая калориметрия, для минимизации систематических погрешностей.

Результаты данной работы могут быть полезны для последующих исследований в области термохимии, а также для промышленного применения ацетонитрила в качестве растворителя и промежуточного соединения в органическом синтезе.

Список литературы

1. An X.-W., Mansson M. Enthalpies of combustion and formation of acetonitrile // J. Chem. Thermodynamics. – 1983. – Vol. 15. – P. 287-293.
2. Cox J.D., Pilcher G. Thermochemistry of organic and organometallic compounds. – London: Academic Press, 1970. – 403 p.
3. Sellers P., Stridh G., Sunner S. Combustion calorimetry of acetonitrile // J. Chem. Eng. Data. – 1978. – Vol. 23. – P. 250.
4. Montgomery R.L., Rossini F.D. Experimental determination of acetonitrile enthalpy // J. Chem. Thermodynamics. – 1978. – Vol. 10. – P. 471.
5. Sunner S., Wulff C.A. Thermochemical properties of acetonitrile // J. Chem. Thermodynamics. – 1980. – Vol. 12. – P. 505.
6. Pedley J.B., Rylance J. Computer analyzed thermochemical data. – Sussex: University of Sussex, 1977. – 157 p.
7. Wagman D.D., Evans W.H. Standard reference data for acetonitrile. – Washington: Natl Bur. Stand. (U.S.), 1968. – 88 p.
8. Stull D.R., Westrum E.F. The chemical thermodynamics of organic compounds. – New York: Wiley, 1969. – 456 p.
9. Hall H.K. Jr., Baldt J.H. Acetonitrile in chemical reactions // J. Am. Chem. Soc. – 1971. – Vol. 93. – P. 140.
10. Baghal-Vayjooee M.H., Pritchard H.O. Canadian journal of chemistry. – 1977. – Vol. 55. – P. 2634.

Материал поступил в редакцию 12.03.25, принят 26.05.25.

Р.М. Құдайбергенова[1], Э.А. Байбазарова[1], А. Асилбекова[1], А. Ибаділда[1], С.М. Кантарбаева[1]

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

АЦЕТОНИТРИЛДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ: ЖАНУДЫҢ ЖЫЛДЫҚ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Ацетонитрил (CH-CN) химиялық синтезде, аналитикалық химияда және өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын маңызды органикалық қосылыс болып табылады. Оның жану энтальпиясын анықтау энергияны есептеу мен процесті оңтайландырудың негізгі параметрі болып табылады. Бұл жұмыста изоперибол режимінде IKA C 6000 калориметрі арқылы ацетонитрилдің жану энтальпиясы эксперименталды түрде анықталды. Ацетонитрилдің дәл өлшенген үлгілері полиэтилен ампулаларына салынып, содан кейін температураның жоғарылауы тіркелетін оттегі ортасында күйдірілді. Алынған температуралық мәліметтер бөлінген жылу мөлшерін және сәйкесінше жану энтальпиясын есептеу үшін пайдаланылды.

Тірек сөздер: ацетонитрил, энтальпия, термохимия, калориметр, жылу эффектісі.

R.M. Kudaibergenova[1], E.A. Baibazarova[1],
A. Asilbekova[1], A. Ibadilda[1], S.M. Kantarbayeva[1]

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

SYNTHESIS AND CHARACTERISTICS OF ACETONITRILE:
THERMAL EFFECTS OF COMBUSTION

Abstract. Acetonitrile (CH-CN) is an important organic compound widely used in chemical synthesis, analytical chemistry and industry. Determination of its enthalpy of combustion is a key parameter for energy calculations and optimization of technological processes. In this work, the enthalpy of combustion of acetonitrile was experimentally determined using an IKA C 6000 calorimeter in isoperibol mode. Accurately weighed acetonitrile samples were placed in polyethylene ampoules, after which combustion was carried out in an oxygen environment with recording of the temperature rise. The obtained temperature data were used to calculate the amount of heat released and, accordingly, the enthalpy of combustion.

Keywords: acetonitrile, enthalpy, thermochemistry, calorimeter, thermal effect.

МРНТИ 61.01.91

А. Төлеуғазықызы[1] – *основной автор*, **Д.А. Тлевлесова[2], А.Н. Мендыбаева[3], А.К. Жумагалиева[4], К.С. Бекбаев[5]**

[1]PhD, [2]PhD, ассоц. профессор, [3,4]Магистрант, [5]Канд. техн. наук, профессор

[1]https://orcid.org/0000-0002-2061-1699 [2]https://orcid.org/0000-0002-5084-6587
[5]https://orcid.org/0000-0001-9591-0370

[1,3,4]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
[2]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[5]Университет им. Шакарима города Семей, г. Семей, Казахстан

[2]tlevlessova@gmail.com

https://doi.org/10.55956/JSAT6934

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛАССЫ НА СИНТЕЗ БИОВОДОРОДА И РОСТ БАКТЕРИАЛЬНОЙ МАССЫ

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние различных концентраций мелассы на процесс синтеза биоводорода и рост бактериальной массы. Основной целью исследования являлось определение оптимальной концентрации мелассы, способствующей максимальному выходу биоводорода. В ходе эксперимента проведен статистический анализ полученных результатов. Анализ показал, что рост бактериальной массы также зависит от концентрации мелассы, при концентрации мелассы 4% достигается наиболее активное выделение водорода, тогда как увеличение концентрации до 10% ингибирует данный процесс. Оптимальный баланс между продукцией водорода и биомассой зависит от условий протекания процесса. Результаты показывают, что правильный выбор концентрации субстрата может значительно повысить эффективность биотехнологических процессов производства биоводорода. Полученные формулы позволят спрогнозировать выход водорода при разных концентрациях мелассы, что может быть полезным при оптимизации процесса.

Ключевые слова: меласса, биоводород, бактериальная масса, ферментация, концентрация субстрата.

Төлеуғазықызы, А. Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода и рост бактериальной массы [Текст] / А. Төлеуғазықызы, Д.А. Тлевлесова, А.Н. Мендыбаева, А.К. Жумагалиева, К.С. Бекбаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.146-155. https://doi.org/10.55956/JSAT6934

Введение. Переработка отходов производства продуктов питания является как острой проблемой для экологии, так и перспективной нишей для производство продуктов с надбавленной стоимостью и получение возобновляемых источников энергии. Производство биоводорода из органических субстратов, таких как меласса, является перспективной областью в возобновляемой энергетике. Технология темной ферментации позволяет преобразовывать биомассу в водород, предлагая экологически чистую альтернативу традиционным источникам энергии. В данной работе

рассмотрены ключевые исследования, посвященные оптимизации параметров ферментации и использованию различных субстратов для получения биоводорода, а также приведены результаты экспериментов, выполненных в рамках проекта грантового финансирования (грант № AP19677558).

При поиске информации о процессах ферментации выявлено, что многочисленные исследования показывают, что для эффективного производства биоводорода необходимо оптимизировать такие параметры, как концентрация субстрата, температура, время ферментации и метод регулирования pH. Например, в работе [1] провели детальное исследование по оптимизации числа частиц, концентрации субстрата и температуры в системе периодического реактора с иммобилизованными микроорганизмами для темной ферментации. Их работа подчеркивает важность выбора оптимальных параметров для увеличения выхода водорода, что созвучно с выбранным исследованием, в котором изучается влияние концентрации мелассы и других условий на ферментацию.

Авторы [2] исследовали влияние времени гидравлического удержания и концентрации субстрата в ферментаторе пилотного масштаба. Пришли к выводу, что длительность ферментации и концентрация субстрата оказывают значительное влияние на выход водорода. Эти выводы имеют прямую связь с выбранным направлением исследования, поскольку они подтверждают необходимость детальной проработки продолжительности ферментации для достижения максимального выхода биоводорода. Влияние различных уровней pH на процесс фотоферментации рассмотрен в работе [3]. Хотя их исследование сосредоточено на фотоферментации, результаты о влиянии pH на эффективность ферментации оказались полезными для исследования темной ферментации. Правильное регулирование pH субстрата, как показали эксперименты, может значительно улучшить условия для роста микроорганизмов и увеличения выхода водорода [4].

Работа [5] добавляет важные данные о влиянии температуры и времени гидравлического удержания на производство биоводорода из отходов производства вина. В исследовании подчеркивается, что температура и концентрация субстрата являются ключевыми факторами, влияющими на скорость ферментации и конечный выход продукта. Эти данные важны, поскольку подтверждают необходимость строгого контроля температуры и концентрации субстрата для эффективной ферментации.

Многие работы посвящены использованию различных органических субстратов, таких как отходы переработки плодов винограда, отходы сахарного тростника и другие виды биомассы. Исследование [6] представляет собой обзор по биоконверсии остатков сахарного тростника для получения добавленной стоимости продуктов, таких как биоводород. Эти данные подтверждают, что использование биомассы, подобной мелассе, является перспективным направлением для экологически чистого производства энергии.

Авторы [7] также исследовали влияние температуры и концентрации субстрата на ферментативное производство водорода из отходов винодельной промышленности. Было выявлено, что более высокая концентрация субстрата не всегда приводит к увеличению выхода водорода. Эти выводы подкрепляют результаты о том, что при более высокой концентрации мелассы процесс ферментации может быть ингибирован, что снижает общую эффективность.

Интересной и важной является работа [8], в которой рассмотрена система обратной связи для максимизации выхода биоводорода из винодельческих остатков. В ней предложена динамическая система управления процессом ферментации, которая позволяет в реальном времени корректировать параметры и оптимизировать выход водорода. Такой подход может быть полезен для масштабирования процесса производства водорода и внедрения его в промышленных масштабах.

В труде [9] авторы анализируют методы производства биоводорода, ограничения и экономический потенциал технологии. Они подчеркивают, что для широкого внедрения биоводорода необходимы дальнейшие исследования по снижению затрат и повышению эффективности процессов. Этот аспект также важен, поскольку оптимизация параметров ферментации, таких как концентрация субстрата и условия обработки, может повысить экономическую целесообразность технологии.

Исследования, рассмотренные в данном обзоре, подчеркивают важность комплексного подхода к оптимизации параметров темной ферментации для производства биоводорода. Опыт предыдущих исследований показал, что такие факторы, как концентрация субстрата, температура, время ферментации и pH, играют ключевую роль в максимизации выхода водорода. Работы по использованию различных субстратов, таких как меласса, сахарный тростник и отходы винодельческой промышленности, показывают высокий потенциал этой технологии для промышленного применения.

Таким образом, исследование описанное в данной статье, опирается на выводы этих трудов и предлагает дальнейшую оптимизацию процесса темной ферментации с использованием мелассы, что делает его важным вкладом в развитие технологий возобновляемой энергетики.

Условия и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились на основе использования мелассы в концентрациях 4% и 10%. Для предварительной обработки мелассы использовались различные концентрации серной кислоты (0,75% и 1,5%) и регулировка pH с помощью KOH или K_2HPO_4. В процессе экспериментов измерялись оптическая плотность (OD) как индикатор роста бактериальной массы и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) для определения начала синтеза биоводорода.

Объектом исследования являлась меласса, используемая в качестве субстрата для микробной ферментации с целью получения биоводорода. Для проведения экспериментов использовалась меласса с разными концентрациями (4% и 10%).

Перед началом ферментации меласса подвергалась предварительной обработке с использованием серной кислоты (H_2SO_4) в двух различных концентрациях: 0,75% и 1,5%. Регулировка pH среды осуществлялась с помощью KOH или K_2HPO_4 в зависимости от конкретного условия эксперимента.

Процесс ферментации проводился в анаэробных условиях с использованием реакторов, работающих в периодическом режиме. Эксперименты проводились при различных концентрациях мелассы для оценки их влияния на синтез водорода и рост бактериальной массы:

– Концентрация мелассы: 4% и 10%;

– Предварительная обработка: H_2SO_4 (0,75% и 1,5%) с последующей регулировкой pH (KOH или K_2HPO_4);

– Температура: 37°C;
– Время ферментации: до 96 часов.

Оптическая плотность (OD). Измерение оптической плотности проводилось на спектрофотометре при длине волны 600 нм. Этот параметр использовался для оценки роста бактериальной массы. Повышение оптической плотности свидетельствовало об увеличении концентрации бактериальной биомассы.

Выделение водорода. Выделение водорода измерялось с помощью газоанализатора, определяющего объем выделенного газа. Запись данных производилась через равные промежутки времени (каждые 24 часа).

Экспериментальный дизайн. Для проведения экспериментов использовался центральный композиционный план (CCD) с варьированием факторов:

– Фактор A: Концентрация мелассы (4% и 10%);
– Фактор B: Концентрация H_2SO_4 (0,75% и 1,5%);
– Фактор C: Метод регулировки pH (KOH и K_2HPO_4).

Экспериментальный план включал в себя 14-20 комбинаций условий, что позволило оценить нелинейные эффекты факторов и их взаимодействие. Основное внимание уделялось выявлению условий, способствующих максимальному выходу водорода и активному росту бактериальной массы.

Статистический анализ. Результаты экспериментов были обработаны с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) для оценки значимости факторов и их взаимодействий. Для построения регрессионных моделей использовались кодированные значения факторов. Значимость результатов оценивалась по критерию F и p-значениям.

Результаты анализа показали, что концентрация мелассы и метод регулировки pH являются значимыми факторами, влияющими на синтез водорода и рост бактериальной массы. Это позволило определить оптимальные условия для проведения ферментации и максимизации выхода биоводорода.

Контроль и повторяемость. Для обеспечения точности и повторяемости экспериментов все измерения проводились в трехкратной повторности. Контрольные образцы без добавления мелассы использовались для калибровки оборудования и установления базового уровня показателей.

Результаты исследований. Производство биоводорода из органических субстратов, таких как меласса, представляет собой перспективное направление в области возобновляемой энергетики. Основной целью данного исследования являлось определение оптимальной концентрации мелассы, способствующей максимальному выходу биоводорода и активному росту бактериальной массы. В процессе экспериментов были изучены различные концентрации мелассы (4% и 10%), а также условия предварительной обработки субстрата (H_2SO_4 в концентрациях 0,75% и 1,5%) и методы регулировки pH (KOH и K_2HPO_4). Результаты экспериментов представлены в виде таблиц и графиков, которые позволяют наглядно продемонстрировать влияние данных факторов на синтез биоводорода и рост бактериальной массы (табл. 1 и 2; графики 1–3).

Таблица 1

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода

Концентрация мелассы	Время ферментации (часы)	Объем выделенного водорода (мл)	Условия обработки (концентрация H_2SO_4, метод регулировки pH)
4%	24	30	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
4%	48	70	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
4%	72	120	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
10%	24	15	1,5% H_2SO_4, KOH
10%	48	30	1,5% H_2SO_4, KOH
10%	72	40	1,5% H_2SO_4, KOH

Таблица 1 содержит данные о концентрации мелассы, времени ферментации и условиях обработки (концентрация H_2SO_4 и метод регулировки pH), влияющих на синтез биоводорода.

Таблица 2

Влияние концентрации мелассы на рост бактериальной массы

Концентрация мелассы	Время ферментации (часы)	Оптическая плотность (OD)	Условия обработки (концентрация H_2SO_4, метод регулировки pH)
4%	24	0,35	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
4%	48	0,50	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
4%	72	0,65	0,75% H_2SO_4, K_2HPO_4
10%	24	0,20	1,5% H_2SO_4, KOH
10%	48	0,30	1,5% H_2SO_4, KOH
10%	72	0,40	1,5% H_2SO_4, KOH

Таблица 2 аналогично описывает те же экспериментальные условия, но с точки зрения их влияния на рост бактериальной массы, измеряемый по оптической плотности (OD).

Как показано на рисунке 1, максимальный объем водорода наблюдается при оптимальных параметрах концентрации субстрата и условий обработки

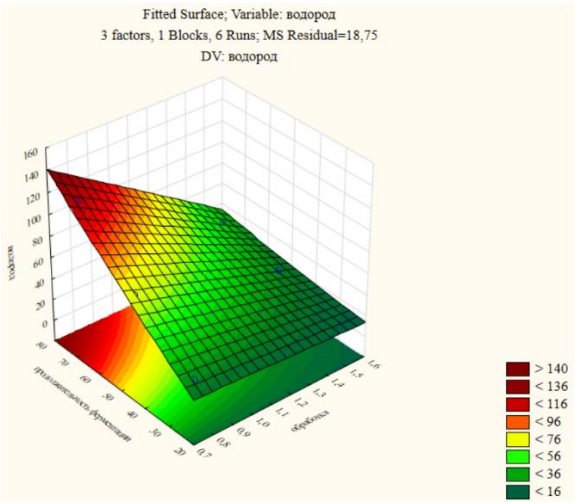


Рис. 1. Зависимость объема выделенного водорода от времени ферментации для различных концентраций мелассы

На рисунке 1 представлена зависимость выхода водорода от двух факторов: продолжительности ферментации и вида обработки при концентрации субстрата 4%. Видно, что при увеличении времени ферментации при определенных условиях обработки наблюдается максимальный выход водорода, который затем снижается при изменении параметров среды.

Как показано на рисунке 2, максимальная оптическая плотность достигается при оптимальном сочетании концентрации субстрата и времени ферментации.

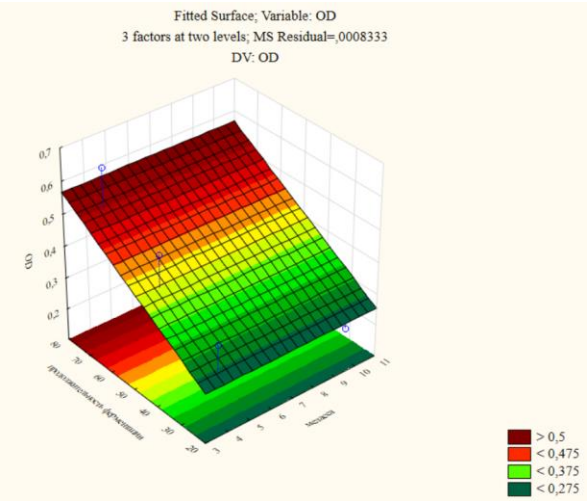


Рис. 2. Зависимость роста бактериальной массы (OD) от времени ферментации при разных концентрациях мелассы

Рисунок 2 демонстрирует изменение оптической плотности (OD) при разных концентрациях мелассы и условиях предварительной обработки. Видно, что при увеличении времени ферментации рост бактериальной массы усиливается, однако при определенных параметрах среды наблюдается снижение OD.

Обсуждение научных результатов. Результаты экспериментов демонстрируют, что концентрация мелассы и условия предварительной обработки оказывают значительное влияние на выход биоводорода и рост бактериальной массы. Ниже приведены ключевые аспекты анализа данных.

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода. Согласно данным из таблицы 1, при концентрации мелассы 4% выход биоводорода был существенно выше по сравнению с концентрацией 10%. Например, через 72 часа ферментации объем водорода при 4% мелассы достигал 120 мл, в то время как при 10% мелассы объем составил только 40 мл. Это связано с тем, что более высокая концентрация субстрата может создавать ингибирующие условия для бактерий, что снижает эффективность ферментации и, как следствие, выход водорода (см. табл. 1). Чем дольше процесс ферментации, тем больший объем водорода образуется. Это подтверждается восходящей плоскостью графика по оси продолжительности ферментации. Максимальный выход (более 140 мл водорода) достигается при высокой продолжительности ферментации (около 72 часов). Видно, что при более низких концентрациях обработчика (0,75% H_2SO_4) выход водорода выше,

особенно при длительном времени ферментации. При увеличении концентрации кислоты до 1,5% наблюдается снижение выхода водорода, что подтверждает негативное влияние более жестких условий обработки на синтез водорода (график 1). Таким образом, для концентрации субстрата 4%, оптимальные условия для максимального выхода водорода включают продолжительность ферментации около 72 часов и использование более мягких условий обработки (около 0,75% H_2SO_4).

Рост бактериальной массы в зависимости от концентрации мелассы. Данные из Таблицы 2 подтверждают, что концентрация мелассы 4% также способствовала более активному росту бактериальной массы по сравнению с 10%. Оптическая плотность (OD) через 72 часа при 4% мелассы составила 0,65, что значительно выше, чем 0,40 при концентрации 10%. Это свидетельствует о том, что оптимальные условия для роста бактерий достигаются при умеренной концентрации субстрата, тогда как более высокая концентрация может оказывать стрессовое воздействие на микробиологическую систему (см. табл. 2). На графике 2 отображена зависимость оптической плотности (OD), которая является показателем роста бактериальной массы, от двух факторов: продолжительности ферментации и концентрации мелассы. Анализ графика позывает что оптическая плотность увеличивается по мере увеличения времени ферментации. Максимальные значения OD (более 0,6) достигаются при продолжительности ферментации около 72 часов. Наибольшие значения OD наблюдаются при более низких концентрациях мелассы (около 4–5%). При увеличении концентрации мелассы до 10% наблюдается снижение роста бактериальной массы (OD ниже 0,3). Таким образом, для оптимального роста бактериальной массы, как и в случае с выходом водорода, наиболее эффективны условия с более длительной ферментацией (около 72 часов) и умеренной концентрацией мелассы (около 4–5%).

Условия предварительной обработки субстрата. Результаты экспериментов показали, что мягкие условия обработки (0,75% H_2SO_4) в сочетании с регулировкой pH с помощью K_2HPO_4 создают благоприятную среду для синтеза биоводорода. Напротив, более жесткие условия обработки (1,5% H_2SO_4) и использование KOH для регулировки pH снижают активность процесса ферментации. Это видно как по данным объема выделенного водорода (см. табл. 1), так и по динамике роста бактериальной массы (см. табл. 2).

Заключение. В ходе исследования были проведены эксперименты по ферментации мелассы с различными концентрациями субстрата (4% и 10%) для определения их влияния на синтез биоводорода и рост бактериальной массы. Основными переменными в исследованиях являлись концентрация мелассы, концентрация H_2SO_4 и метод регулировки pH.

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода. Результаты показали, что при концентрации мелассы 4% наблюдалось устойчивое выделение водорода в течение всего периода ферментации. Наиболее эффективное выделение водорода наблюдалось при предварительной обработке H_2SO_4 в концентрации 0,75% и регулировке pH с помощью K_2HPO_4. При данных условиях выделение водорода начиналось на 24-м часу и продолжалось до 96 часов, достигая максимального значения к 72-му часу.

При увеличении концентрации мелассы до 10% синтез водорода был менее эффективным. В условиях предварительной обработки с использованием 1,5% H_2SO_4 и регулировкой pH с помощью KOH выделение

водорода практически не наблюдалось. Это указывает на то, что высокая концентрация субстрата и жесткие условия предварительной обработки ингибируют активность микроорганизмов, ответственных за ферментацию и синтез водорода.

Влияние концентрации мелассы на рост бактериальной массы. Рост бактериальной массы оценивался по изменениям оптической плотности (OD) в ходе эксперимента. Результаты показали, что при концентрации мелассы 4% и мягких условиях предварительной обработки (0,75% H_2SO_4 с K_2HPO_4) наблюдалось наибольшее увеличение оптической плотности, что свидетельствует о значительном росте бактериальной массы. Это подтверждает, что более низкие концентрации субстрата создают благоприятные условия для микробной активности.

При концентрации мелассы 10% рост бактериальной массы был значительно ниже. В условиях жесткой обработки (1,5% H_2SO_4) оптическая плотность практически не изменялась, что указывает на низкую активность микроорганизмов в этих условиях.

Влияние разбавления мелассы. Разбавление мелассы также оказало существенное влияние на процесс ферментации. Разбавление мелассы в 10 раз привело к более раннему началу выделения водорода и более продолжительному его выделению. Это может быть связано с уменьшением концентрации ингибирующих веществ в субстрате, что способствует более активному росту и метаболической активности микроорганизмов.

Оптимальные условия для синтеза биоводорода. На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод, что наиболее эффективными условиями для синтеза биоводорода на основе мелассы являются использование мелассы с концентрацией 4% при предварительной обработке 0,75% H_2SO_4 и регулировке pH с K_2HPO_4. В этих условиях наблюдается активный рост бактериальной массы и стабильное выделение водорода. Увеличение концентрации мелассы до 10% и использование более жестких условий обработки приводит к снижению эффективности процесса.

Статистический анализ результатов. Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) подтвердили значимость факторов концентрации мелассы и метода регулировки pH для синтеза водорода. Было установлено, что квадратичный эффект концентрации мелассы оказывает наиболее значительное влияние на процесс ферментации, что подтверждает важность выбора оптимальной концентрации субстрата.

Проведенное исследование показало, что оптимальной концентрацией мелассы для синтеза биоводорода является 4%. В этих условиях наблюдается активный рост бактериальной массы и стабильное выделение водорода. Жесткие условия предварительной обработки и высокая концентрация субстрата ингибируют процесс ферментации, что приводит к снижению выхода водорода. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшей оптимизации биотехнологических процессов в промышленных масштабах.

Список литературы

1. Gokfiliz-Yildiz P., Karapinar I. Optimization of particle number, substrate concentration and temperature of batch immobilized reactor system for biohydrogen production by dark fermentation // International Journal of Hydrogen Energy. – 2018. – Vol. 43 (23). – P. 10655-10665.
2. Lu C., Wang Y., Lee D.J., Zhang Q., Zhang H., Tahir N., Jing Y., Liu H., Zhang K. Biohydrogen production in pilot-scale fermenter: Effects of hydraulic retention time

and substrate concentration // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 229. – P. 751-760.
3. Hu B., Li Y., Zhu S., Zhang H., Jing Y., Jiang D., He C., Zhang Z. Evaluation of biohydrogen yield potential and electron balance in the photo-fermentation process with different initial pH from starch agricultural leftover // Bioresource Technology. – 2020. – Vol. 305. – P. 122900.
4. Moussa R.N., Moussa N., Dionisi D. Hydrogen Production from Biomass and Organic Waste Using Dark Fermentation: An Analysis of Literature Data on the Effect of Operating Parameters on Process Performance // Processes. – 2022. – Vol. 10. – P. 156.
5. Buitrón G., Carvajal C. Biohydrogen production from Tequila vinasses in an anaerobic sequencing batch reactor: effect of initial substrate concentration, temperature and hydraulic retention time // Bioresource technology. – 2010. – Vol. 101 (23). – P. 9071-9077.
6. Sindhu R., Gnansounou E., Binod P., Pandey A. Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products – An overview // Renewable Energy. – 2016. – Vol. 98. – P. 203-215.
7. Lázaro C.Z., Perna V., Etchebehere C., Varesche M.B. Sugarcane vinasse as substrate for fermentative hydrogen production: The effects of temperature and substrate concentration // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39. – P. 6407-6418.
8. Zavala-Méndez M., Vargas A., Carrillo-Reyes J. Maximization of bio-hydrogen production from winery vinasses using on-line feedback control // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47 (78). – P. 33259-33271.
9. Yaashikaa P.R., Keerthana Devi M., Senthil Kumar P. Biohydrogen production: An outlook on methods, constraints, economic analysis and future prospect // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47 (98). – P. 41488-41506.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19677558).

Материал поступил в редакцию 12.03.25, принят 23.05.25.

А. Төлеуғазықызы[1], Д.А. Тлевлесова[2],
А.Н. Мендыбаева[1], А.К. Жумагалиева[1], К.С.Бекбаев[3]

[1]Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Казақстан
[3]Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей қ., Казақстан

МЕЛАССА КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ БИОСУТЕГІ СИНТЕЗІ МЕН БАКТЕРИЯЛЫҚ МАССАНЫҢ ӨСУІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада мелассаның әртүрлі концентрациясының биосутегі синтезіне және бактериялық массаның өсуіне әсері қарастырылған. Зерттеудің негізгі мақсаты – биосутегінің ең жоғары шығуын қамтамасыз ететін мелассаның оңтайлы концентрациясын анықтау болды. Эксперимент барысында алынған нәтижелерге статистикалық талдау жүргізілді. Талдау көрсеткендей, бактериялық массаның өсуі мелассаның концентрациясына да байланысты, 4% меласса концентрациясында сутегінің ең белсенді бөлінуі байқалды, ал концентрацияны 10%-ға дейін арттыру бұл процесті тежейді. Биосутегі мен биомассаның оңтайлы балансы процестің жүру

шарттарына тәуелді. Нәтижелер субстрат концентрациясын дұрыс таңдаудың биосутегі өндірісінің биотехнологиялық процестерінің тиімділігін айтарлықтай арттыра алатынын көрсетеді. Алынған формулалар әртүрлі меласса концентрациясында сутегінің шығуын болжауға мүмкіндік береді, бұл процесті оңтайландыруда пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: меласса, биосутегі, бактериялық масса, ферментация, субстрат концентрациясы.

A. Toleugazykyzy[1], D.A. Tlevlessova[2],
A.N. Mendybayeva[1], A.K. Zhumagaliyeva[1], K.S. Bekbayev[3]

[1]Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[3]Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

EFFECT OF MOLASSES CONCENTRATION ON BIOHYDROGEN SYNTHESIS AND BACTERIAL BIOMASS GROWTH

Abstract. This article examines the effect of different molasses concentrations on biohydrogen synthesis and bacterial biomass growth. The main objective of the study was to determine the optimal molasses concentration that ensures maximum hydrogen production. A statistical analysis of the experimental results was conducted. The analysis showed that bacterial biomass growth also depends on molasses concentration, with the highest hydrogen release observed at 4% molasses concentration, while increasing the concentration to 10% inhibited this process. The optimal balance between hydrogen production and biomass growth depends on the process conditions. The results indicate that selecting the right substrate concentration can significantly enhance the efficiency of biotechnological processes for biohydrogen production. The obtained formulas allow for the prediction of hydrogen yield at different molasses concentrations, which may be useful for process optimization.

Keywords: molasses, biohydrogen, bacterial biomass, fermentation, substrate concentration.

ҒТАМР 61.69.35: 31.15.33.

А. Қонаров[1] – *негізгі автор*, ©
Б. Мырзахметов[2], А. Рапиков[3], А. Даулетбай[4]

[1]PhD, қауымдас. профессор, [2,4]PhD, [3]Зерттеуші технолог

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-9352-8602 [2]https://orcid.org/0000-0002-6828-0649*
[3]https://orcid.org/0009-0001-0100-0956 [4]https://orcid.org/0000-0003-0157-1449

[1]Инженерлік және Цифрлық Ғылымдар Мектебі, Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан
[2,3,4]National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан

@ *[1]aishuak.konarov@nu.edu.kz*

https://doi.org/10.55956/PXTX1347

ГИБРИДТІ МЫРЫШ-ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ИННОВАЦИЯЛЫҚ ГИДРОГЕЛЬ ЭЛЕКТРОЛИТТЕР

Аңдатпа. Электр көліктері мен жаңартылатын энергия көздеріне сұраныстың артуы литий-ионды батареяларға деген қажеттілікті күшейтті. Алайда, өндірістің жоғары құны мен қауіпсіздік мәселелері баламалы энергия сақтау жүйелерін зерттеуді талап етеді. Бұл зерттеу шеңберінде гибридті сулы мырыш-ионды аккумуляторларға арналған гидрогель электролиттерінің синтезі мен қасиеттері қарастырылды. Гидрогельдер электролит және сепаратор ретінде қолданылып, олардың құрылымдық тұрақтылығы мен иондық өткізгіштігі зерттелді. Полимерлі айқаса байланыстардың әсері мен сутектік байланыстарының реттелуі арқылы гидрогельдердің электрохимиялық тұрақтылығы 2 В-қа дейін арттырылды. Сынақ нәтижелері гидрогельдердің төмен температуралық ортада да тиімді жұмыс істейтінін көрсетті. Бұл зерттеу гидрогель электролиттерін жетілдіру арқылы қауіпсіз әрі тиімді аккумуляторлар әзірлеуге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: гидрогель, мырыш-ионды аккумулятор, иондық өткізгіштік, электрохимиялық тұрақтылық, энергия сақтау жүйелері, аккумулятор қауіпсіздігі.

Қонаров, А. Гибридті мырыш-ионды аккумуляторларға арналған инновациялық гидрогель электролиттер [Мәтін] / А. Қонаров, Б. Мырзахметов, А. Рапиков, А. Даулетбай // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.156-164. https://doi.org/10.55956/PXTX1347

Кіріспе. Электр көліктеріне деген сұраныстың артуы және жаңартылатын энергия көздеріне жаһандық көшу энергия сақтау жүйелерінің, әсіресе литий-ионды батареялардың (ЛИБ) маңыздылығын айтарлықтай арттырды [1,2]. Литий – жер қыртысында сирек кездесетін әрі қайта қалпына келмейтін элемент болғандықтан, оның аккумулятор өндірісінде кеңінен қолданылуы шикізат құнының өсуіне алып келеді. Дегенмен, ЛИБ жоғары энергия сыйымдылығы, жеңіл салмағы және ұзақ қызмет ету мерзімі арқасында кеңінен қолданылады. Алайда бұл технология бірнеше маңызды мәселелерге тап болуда. Олардың бірі – өндіріс шығындарының жоғарылығы, себебі литий ылғалға сезімтал болғандықтан, төмен ылғалдылықтағы арнайы өндіріс жағдайларын қажет етеді. Сонымен

қатар, жанғыш органикалық электролиттердің қолданылуы батареялардың өрт қаупін арттырып, қауіпсіздікке елеулі қатер төндіреді.

Осы мәселелерді шешу мақсатында балама металл иондарымен (Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+} және т.б.) үйлескен сулы электролиттер ұсынылған [3,4]. Олардың ішінде гибридті сулы мырыш-ионды аккумуляторлар перспективалы энергия сақтау шешімі ретінде қарастырылуда. Сулы электролиттерді пайдалану өндіріс процесін жеңілдетіп, қауіпсіздікті арттырады. Сонымен қатар, мырыш – арзан, тұрақты және мол таралған анод материалы, оның жоғары теориялық сыйымдылығы (820 мА·сағ·г$^{-1}$ және 5855 мА·сағ·см$^{-3}$) [5] және төмен тотығу-тотықсыздану потенциалы (−0,763 В, стандартты сутегі электродына қатысты (ССЭ)) бар. Алайда, бұл жүйенің кең таралуына бірнеше факторлар кедергі келтіруде, олардың қатарында электролиттің ағу қаупі, мырыш дендриттерінің түзілуі, коррозия және электрохимиялық тұрақтылық терезесінің (ЭТТ) тарлығы (1,23 В, ССЭ-на қатысты) және жанама реакциялар. Бұл кемшіліктердің басым бөлігі электролит құрамына байланысты болғандықтан, оларды электролиттік инженерия арқылы шешуге болады [6-10].

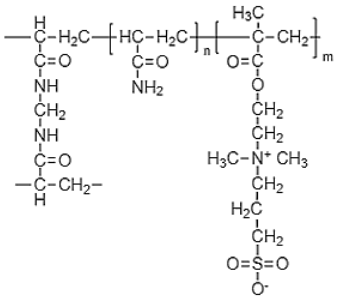
Электролиттік инженерияның перспективалы бағыттарының бірі – «су-тұз» қағидатына негізделген әдіс. Бұл әдіс тұз концентрациясын жоғарылату арқылы су молекулаларын тұрақтандырып, ЭТТ-ты шамамен 3 В-қа дейін кеңейтуге мүмкіндік береді. Дегенмен, жоғары концентрациядағы тұздың қажеттілігі жүйенің жалпы құнын арттырып, иондық өткізгіштікті төмендетеді [11-15]. Осы шектеулерді еңсеру мақсатында зерттеушілер гидрогель электролиттерін ұсынды. Бұл материалдар судың мөлшерін реттеу және иондық тасымалды бақылау арқылы тиімді балама ретінде қарастырылады.

Гидрогельдер – үш өлшемді полимерлі желі түзетін және химиялық немесе физикалық байланыстар арқылы құрылымданған материалдар [16,17]. Олар аккумуляторларда қолданылу үшін бірқатар артықшылықтарға ие: арзан, экологиялық қауіпсіз, электролиттің ағу қаупін төмендетеді, химиялық және механикалық тұрақтылыққа ие. Сонымен қатар, гидрогельдер бір уақытта сепаратор мен электролит рөлін атқара алады, бұл судың мөлшерін азайтып, ЭТТ кеңейтуге және функционалдық түрлендіруге (өзін-өзі қалпына келтіру, икемділік, механикалық беріктік және т.б.) мүмкіндік береді.

Гидрогельдер көлденең байланысқан полимер тізбектері мен ұсталып қалған судан тұратын 3D желілік құрылымға ие. Айқастыра байланысу дәрежесі олардың механикалық және электрохимиялық қасиеттерін айқындайды. Жоғары дәрежелі айқастыра байланысқан гидрогельдер механикалық беріктігі жоғары болғанымен, серпімділігі төмендейді. Керісінше, айқастыра байланысу дәрежесі төмен гидрогельдер жоғары икемділікке ие, бірақ құрылымдық тұрақтылығы төмендеуі мүмкін [18]. Гидрогельдердің синтезі көбінесе физикалық немесе химиялық айқастыра байланысу арқылы жүзеге асырылады. Поливинил спирті (ПВС) негізіндегі гидрогельдер физикалық байланыстар арқылы түзіледі, ал полиакриламид (ПАА) және полиакрил қышқылы (ПАҚ) негізіндегі гидрогельдер химиялық айқастыра байланысу арқылы байланысады [19,20]. Гомополимерлердің химиялық байланысуы арқылы сополимерлер түзіліп, олардың электрохимиялық және механикалық сипаттамалары жақсарады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Айқаса байланысқан полимер акриламидтен (АА), [2-(метакрилоилокси) этил] диметил-(3-сульфопропил) (DMAPS) және N, N'-метиленбисакриламидтен (МБА) тұрады. АА және

DMAPS мономерлер, ал МБА айқастырғыш агент болып табылады. Айқаса байланысқан полимердің құрылымы 1-суретте көрсетілген. Көлденең байланысқан полимер гель электролиті сепаратор ретінде де, электролит ретінде де пайдалануға арналған. Ол теріс (анод) және оң (катод) электродтар арасында орналасады. Сепаратор ретінде ол электродтардың тікелей жанасуын болдырмайды, ал электролит ретінде иондардың бір электродтан екіншісіне немесе электродтан электролитке және керісінше өтетін ортаны қамтамасыз етеді. АА амидтік тобы, DMAPS-тің катиондық және аниондық топтары жоғары иондық өткізгіштікті және көлденең байланысқан полимер гель электролитінде суды ұстаудың күшті қабілетін қамтамасыз етеді. Жоғары иондық өткізгіштігінің арқасында өнертабыс электрохимиялық реакцияның жоғары қайтымдылығына және гидрофильді құрылымда судың сақталуына байланысты жоғары электрохимиялық тұрақтылыққа ие.



Сурет 1. Айқаса байланысқан полимердің құрылымы

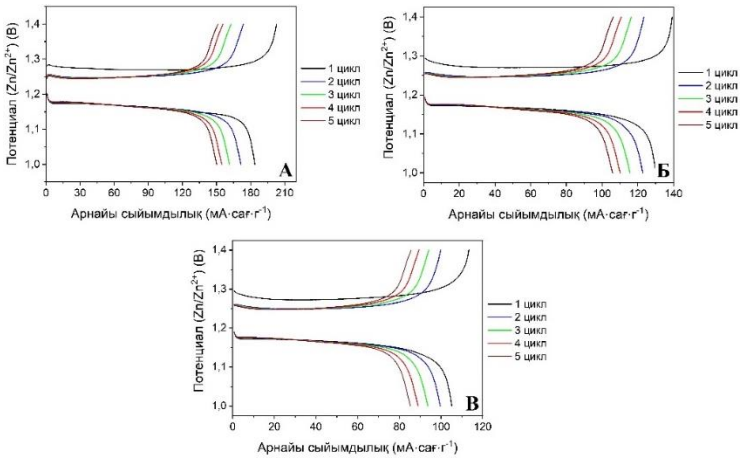
DMAPS-АА гидрогелінің синтезі. 1 г АА мономер ұнтағы және 1 г DMAPS мономер ұнтағы 8 мл ионсыздандырылған суға қосылды және толық ерігенше араластырылды. Содан кейін ерітіндіге 0,001 г айқастырғыш қосылып, ерітілді. Ерітінді еріген оттегіні кетіру үшін кем дегенде 30 минут бойы үздіксіз араластыра отырып, таза аргонмен мұқият үрленді. Содан кейін ерітіндіге аммоний персульфатының бос радикалды полимерленуінің инициаторынан 0,005 г қосылып, ерітілді және соңғы ерітінді 25°С-тан аспайтын температурада 1 сағат бойы араластырылды. Содан кейін, бөлме температурасында ультрадыбыстық сулы моншада 15 минут газсыздандырылды. Газсыздандырылған ерітінді қалыңдығы 0,5 мм шыны қалыпқа құйылып, 60°С температурада 3 сағат ұсталды. Алынған айқаса байланыстырылған сополимерлі гель ауада кептіріліп, кептірілген қабықша алынды да, одан әрі ол электролит ерітіндісіне 24 сағатқа батырылды.

ПВС-АА гидрогелінің синтезі. Массалық үлесі 2% және 4% ПВС алдымен толық ерігенше кемінде 2 сағат қатты араластыру кезінде 75°С ионсыздандырылған суда дисперстелді, содан кейін бөлме температурасына дейін салқындатылды. Осыдан кейін ерітіндіге 0,1 масса% (АА-ға қатысты) айқастырғыш зат қосылып, ерітілді. Ерітіндідегі еріген оттегін кетіру үшін кем дегенде 30 минут бойы үздіксіз араластыра отырып, таза аргонмен мұқият тазартылды. Содан кейін ерітіндіге аммоний персульфатының бос радикалды полимерленуінің инициаторы 0,5% (АА-ке қатысты) шамада қосылып, ерітілді және соңғы ерітінді 25°С-тан аспайтын температурада 1 сағат бойы араластырылды. Газсыздандырылған ерітінді қалыңдығы 0,5 мм шыны қалыпқа құйылып, 60°С температурада 3 сағат ұсталды. Содан кейін гидрогель 2 сағат бойы -25°С-қа дейін мұздатылып, содан кейін кем дегенде 12 сағат бойы бөлме температурасында ерітілді. Өңдеуден кейін физикалық

қос желілі гидрогель алынды. Алынған сополимерлі гель ауада кептіріліп, кептірілген қабықша алынды, содан кейін ол электролит ерітіндісіне 24 сағатқа батырылды.

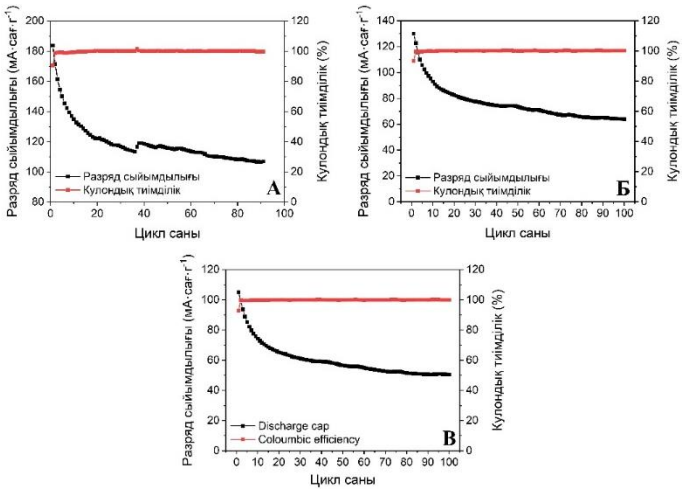
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бұл Сополимерлі гель электролитті сіңіргеннен кейін полимердің беріктігі төмендеді. Бұл мәселені шешу үшін гидрогельдің айқаса байланысу дәрежесін өзгерту туралы шешім қабылданды. Осылайша, МБА дәрежесі бар гидрогельдер 2, 3 және 4 есе өсті.

Сополимерлер бастапқы 5 цикл үшін ұқсас асқын потенциалдарды көрсетті, бірақ бастапқы қуаттары бірдей емес (2-сурет). А(МВАх2) үлгісі үшін 1-ші цикл разрядының сыйымдылығы 180 мА·сағ·г$^{-1}$, Б(МВАх3) – 132 мА·сағ·г$^{-1}$, В(МВАх4) – 107 мА·сағ·г$^{-1}$.



Сурет 2. Гидрогель сополимерінің заряд/разряд профилі: А – МВАх2, Б – МВАх3, В – МВАх4

А, Б және В үлгілерінің 1-циклдері үшін кулондық тиімділік тиісінше 90,58%, 93,39% және 92,76% құрады (3-сурет).

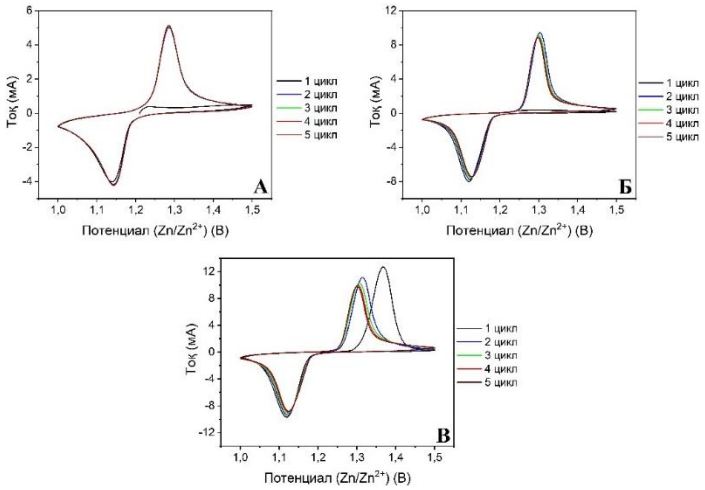


Сурет 3. Кулондық тиімділік: А – МВАх2, Б – МВАх3, В – МВАх4

Циклдің жүру кезеңінде барлық жүйелер кулондық тиімділіктің бірдей үлгісін көрсетті. Процесс барысында батареяның зарядсыздану (разрядталу)

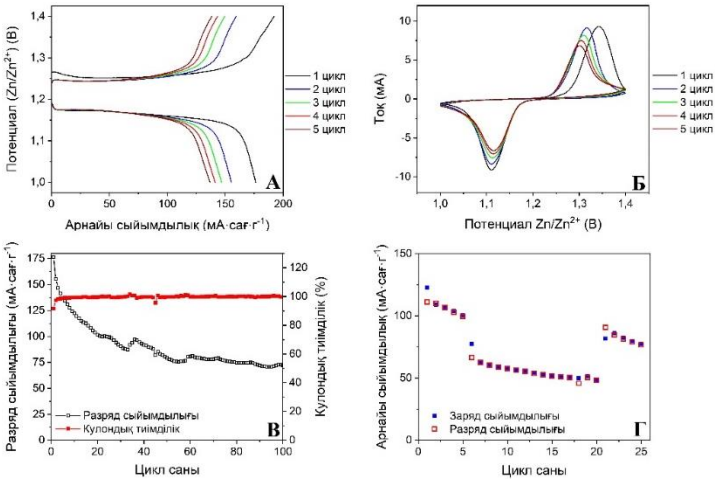
қисығы ауытқып, бірінші жағдайда анықталғандай, сыйымдылық аздап артты. Б және В үлгілері үшін 40 циклден кейін жазық аймақ байқалды. А, Б және В гидрогельдері бар батареялардың сыйымдылығы тиісінше 60%, 49% және 47% құрады. Бұл сынақтар айқаса байланыстыру агентінің мөлшерін белгілі бір мәнге өзгертуге болатынын және содан кейін өнімділіктің нашарлауы байқалатындығын көрсетеді.

Тотығу дәрежесі әртүрлі гидрогельдердің циклдік вольтметриялық сынағы тотығу (1,3 В) және тотықсыздану (1,1 В) шыңдарының тұрақты жағдайын көрсетті (4-сурет). Үлгілер арасындағы жалғыз айырмашылық тоқта, яғни айқаса байланысу деңгейі жоғары болған сайын, катодтық/анодтық тоқ та жоғары болады.



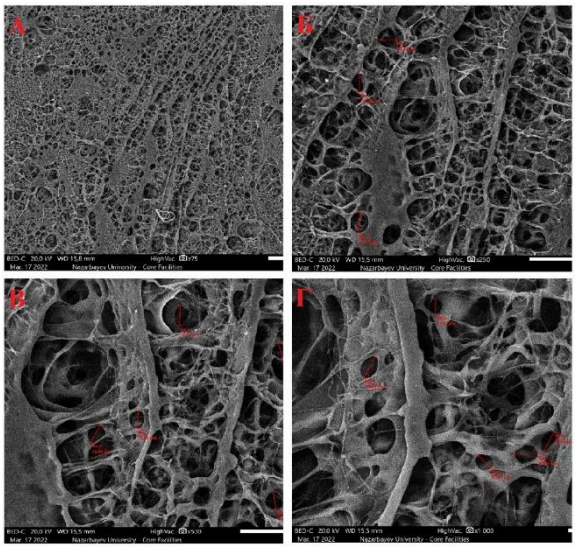
Сурет 4. Циклдік вольтметрия сынағы: А – МВАх2, Б – МВАх3, В – МВАх4

ПВС-АА гидрогелі қос желіге байланысты жақсы механикалық қасиет көрсетті. Бастапқы зарядтау/разряд циклдері 0,07 В және 170 мА·сағ·г$^{-1}$ теориялық мәнге сәйкес меншікті сыйымдылықтың поляризациясын көрсетті (5А-сурет). Кулондық тиімділік цикл кезінде шамамен 100% құрады, бұл жүйенің қайтымдылығын көрсетті (5В-сурет) Мән жазық аймағына жеткенше 30 циклден кейін ауытқу кезеңі болды. 100 циклден кейін сыйымдылықты сақтау 45% құрады. Гидрогельдің қасиеттерін көрсету үшін С-шамасы сынағы да жүргізілді. Заряд/разряд жылдамдық шамасының қабілеттілік сынағы 5Г-суретте көрсетілгендей әртүрлі токтарда өлшенді. Бастапқы сыйымдылығы 124 мА·сағ·г$^{-1}$, содан кейін бастапқы ток жылдамдығын қайтарғаннан кейін 98 мА·сағ·г$^{-1}$. С жылдамдығын 0,5С-тен 2С-ге өзгерту сыйымдылықтың екі есе азаюына әкелді. Токтың одан әрі 10С-ге дейін ұлғаюымен қуаттың шамалы төмендеуін байқауға болады. Гидрогельдің циклдік вольтметриялық сынағы қалпына келтіру (1,1 В) шыңдарының тұрақты жағдайын көрсетті, бірақ бұрынғы тотығу шамамен 1,35 В құрады, ол келесі циклдер бойынша 1,3 В қалыпты жағдайға аздап ауысты.



Сурет 5. ПВС-АА [2:10] ТЕМЭД сынағы: А – Заряд/разряд профилі, В – циклдік вольтметрия, С – Кулондық тиімділік, D – С-шамасы.

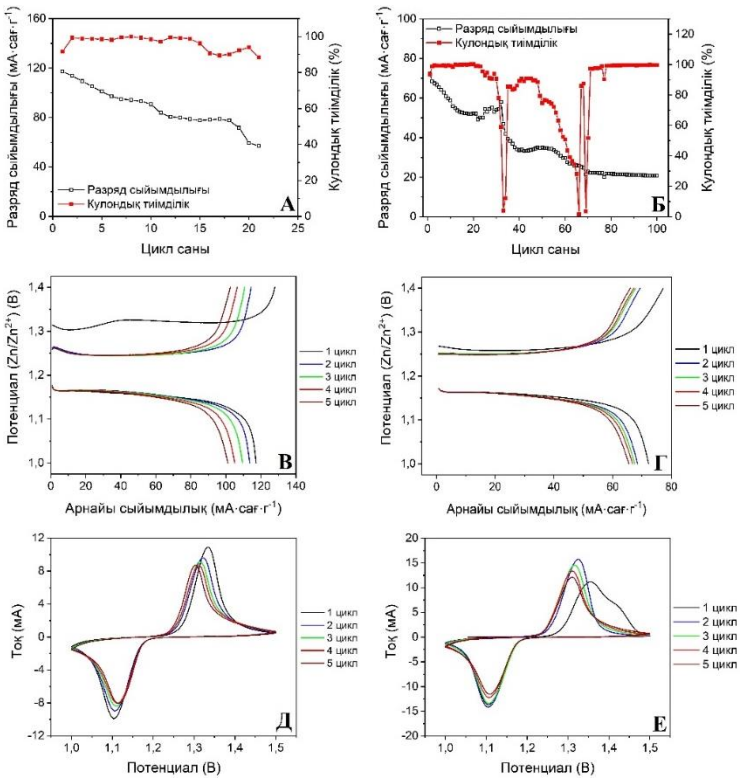
Гидрогель беті СЭМ бақылауымен зерттелді. Гидрогельдің беті өте кеуекті екенін 6-суреттен көруге болады. Кеуек мөлшері 3 мкм-ден 32 мкм-ге дейін өзгереді. Сондай-ақ, АА және ПВС талшықтары арасында айтарлықтай айырмашылық бар. Композицияда акриламид басым болғандықтан, кеуектердің негізгі бөлігінде олар көбірек байқалады. Бұл кезде ПВС талшықтары АА құрылымына жұқа талшық түрінде орналасқан. Бұл қос айқаса байланысудың пайда болуын көрсетеді.



Сурет 6. Әртүрлі үлкейтудегі СЭМ кескіндері

Алдыңғы нәтижелерге сүйене отырып, осы мономерлермен тәжірибелер жалғастырылды. Атап айтқанда, электролиттің су молекулаларын қоршау үшін мұздату/еріту цикл саны көбейтілді. Төменде 7-суретте 3 және 5 мұздату/еріту циклдері бар батарея өнімділігі сынақтарының нәтижелері берілген. 7А-суретте 3 рет өңделген гель бар аккумулятордың циклдік өнімділігі көрсетілген, оның бастапқы сыйымдылығы 118 мА·сағ·г$^{-1}$.

20 зарядтау/разряд циклінен кейін сыйымдылықтың бастапқы мәннің жартысына дейін төмендеуі байқалады. 5 рет мұздату/еріту жүргізілген гельден жасалған ұяшық үшін (7Б-сурет), бірінші цикл 70 мА·сағ·г$^{-1}$ сыйымдылық мәнін берді.



Сурет 7. Батарея өнімділігінің сынақтары: А, В, Д – 3 мұздату/еріту циклі; Б, Г, Е – 5 мұздату/еріту циклі

Батареялардың негізгі айырмашылығы үш рет өңделген жағдайда поляризация (7В,Г-сурет) сандарынан сәл төмен. Сонымен қатар, циклдік өнімділік 5 рет өңделген гельдің үлкен кедергіге және нашар адгезияға ие екенін көрсетеді. 5 рет мұздатылған гельден жасалған ұяшықтың циклдік өнімділігі кулондық тиімділіктің ауытқуын көрсетеді. Бұл жоғары айқаса байланыстыруға байланысты төмен адгезияны көрсетуі мүмкін. Екі ұяшық үшін де циклдік вольтамметрия қисықтары 0,2 В артық потенциалы бар қатаң орналасқан тотықсыздандырғыш жұпқа ие (7Д,Е-сурет).

Қорытынды. Бұл зерттеу аясында гомо-гидрогельдер мен сополимерленген гидрогельдер синтезделіп, олардың электрохимиялық қасиеттері зерттелді. Гидрогельдер аккумуляторларда электролит және сепаратор ретінде перспективалы балама бола алатыны анықталды. Оңтайлы құрылым ретінде ПВС-АА (2-10) композициясы таңдалды. Сонымен қатар, электролиттің құрамын оңтайландыру бойынша қосымша жұмыстар жүргізілді. Нәтижелер көрсеткендей, молекулааралық сутегі байланыстарын басқару арқылы сутек бөлінуді басуға болады, бұл жоғары кернеулерде гидрогельдердің тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді. Өткізілген сынақтар гидрогельдің 2 В кернеуге дейін тұрақты жұмыс істейтінін және төмен температуралық ортада (−0°С) қолдануға болатындығын көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Armand M., Tarascon J.M. Building better batteries // Nature. – 2008. – No. 451. – P. 652-657.
2. Konarov A., Voronina N., Jo J.H., Bakenov Z., Sun Y.-K., Myung S.-T. Present and Future Perspective on Electrode Materials for Rechargeable Zinc-Ion Batteries // ACS Energy Letters. – 2018. – No. 3(10). – P. 2620-2640.
3. Yan J., Wang J., Liu H., Bakenov Z., Gosselink D., Chen P. Rechargeable hybrid aqueous batteries // Journal of Power Sources. – 2012. – No. 216. – P. 222-226.
4. Ayyanusamy P., Tharani S.D., Alphonse R., Minakshi M., Sivasubramanian R. Synthesis of Amorphous Nickel-Cobalt Hydroxides for Ni-Zn Batteries // Chemistry – A European Journal. – 2024. – No. 30 (59). – P. e202402325.
5. Ma L., Schroeder M.A., Borodin O., Pollard T.P., Ding M.S., Wang C., Xu K. Realizing high zinc reversibility in rechargeable batteries // Nature Energy. – 2020. – No. 5(10). – P. 743-749.
6. Li A., Li J., He Y., Wu M. Toward stable and highly reversible zinc anodes for aqueous batteries via electrolyte engineering // Journal of Energy Chemistry. – 2023. – No. 83. – P. 209-228.
7. Li H., Guo S., Zhou H. Recent advances in manipulating strategy of aqueous electrolytes for Zn anode stabilization // Energy Storage Materials. – 2023. – No. 56. – P. 227-257.
8. Fan L., Hu X., Jiao Y., Cao L., Xiong S., Gu F., Wang S. Advances of designing effective and functional electrolyte system for high-stability aqueous Zn ion battery // Chemical Engineering Journal. – 2024. – No. 479. Article 147763.
9. Gao X., Yang J., Xu Z., Nuli Y., Wang J. Recent progress of aqueous and organic/aqueous hybrid electrolytes for low-temperature rechargeable metal-ion batteries and supercapacitors // Energy Storage Materials. – 2023. – No. 54. – P. 382-402.
10. Minakshi M. Lithium intercalation into amorphous FePO4 cathode in aqueous solutions // Electrochimica Acta. – 2010. – No. 55(28). – P. 9174-9178.
11. Chao D., Qiao S.-Z. Toward High-Voltage Aqueous Batteries: Super- or Low-Concentrated Electrolyte? // Joule. – 2020. – No. 4(9). – P. 1846-1851.
12. Zhang T., Yan T., Shan G., Cao X., Anqiang P., Fang G., Jiang Z., Shuquan L. Fundamentals and perspectives in developing zinc-ion battery electrolytes: A comprehensive review // Energy & Environmental Science. – 2020. – No. 13. – P. 4625-4665.
13. Qi R., Tang W., Shi Y., Teng K., Deng Y., Zhang L., Zhang J., Liu R. Gel Polymer Electrolyte toward Large-Scale Application of Aqueous Zinc Batteries // Advanced Functional Materials. – 2023. – No. 33. Article 2306052.
14. Li X., Wang D., Ran F. Key approaches and challenges in fabricating advanced flexible zinc-ion batteries with functional hydrogel electrolytes // Energy Storage Materials. – 2023. – No. 56. – P. 351-393.
15. Vandeginste V., Wang J. A Review of the Synthesis of Biopolymer Hydrogel Electrolytes for Improved Electrode–Electrolyte Interfaces in Zinc-Ion Batteries // Energies. – 2024. – No. 17(2). – P. 310.
16. Liu S., Zhong Y., Zhang X., Pi M., Wang X., Zhu R., Cui W., Ran R. Highly Deformable, Conductive Double-Network Hydrogel Electrolytes for Durable and Flexible Supercapacitors // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2022. – No. 14(13). – P. 15641-15652.
17. Chan C., Wang Z., Li Y., Yu H., Fei B., Xin J. Single-Ion Conducting Double-Network Hydrogel Electrolytes for Long Cycling Zinc-Ion Batteries // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2021. – No. 13(26). – P. 30594-30602.
18. Rakhman D., Batyrbekuly D., Myrzakhmetov B., Zhumagali K., Issabek K., Sultan-Akhmetov O., Umirov N., Konarov A., Bakenov Z. Polyacrylamide-based hydrogel electrolyte for modulating water activity in aqueous hybrid batteries // RSC Advances. – 2024. – No. 14(54). – P. 40222-40233.
19. Ji C., Wu D., Liu Z., Mi H., Liao Y., Wu M., Cui H., Li X., Wu T., Bai Z. Natural Polysaccharide Strengthened Hydrogel Electrolyte and Biopolymer Derived Carbon for Durable Aqueous Zinc Ion Storage // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2022. – No. 14(20). – P. 23452-23464.

20. Wang Y., Nian G., Kim J., Suo Z. Polyacrylamide hydrogels. VI. Synthesis-property relation // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2023. – No. 170. – P. 105099.

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің BR21882402 мақсатты зерттеу бағдарламасы «Жасыл экономика үшін жаңа материалдық технологиялар мен энергия сақтау жүйелерін дамыту» аясында қаржыландырылды.

Материал редакцияға 18.03.25 түсті, 27.05.25 қабылданды.

А. Конаров[1], Б. Мырзахметов[2], А. Рапиков[2], А. Даулетбай[2]

[1]Школа инженерии и цифровых наук, Назарбаев Университет, г. Астана, Казахстан
[2]National Laboratory Astana, Назарбаев Университет, г. Астана, Казахстан

ИННОВАЦИОННЫЕ ГИДРОГЕЛЕВЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ЦИНК-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Аннотация. Рост спроса на электротранспорт и возобновляемые источники энергии усилил потребность в литий-ионных батареях. Однако высокая стоимость производства и проблемы безопасности требуют изучения альтернативных систем хранения энергии. В рамках данного исследования рассмотрены синтез и свойства гидрогелевых электролитов для гибридных водных цинк-ионных аккумуляторов. Гидрогели использовались в качестве электролита и сепаратора, а их структурная стабильность и ионная проводимость были исследованы. За счет влияния поперечных полимерных связей и регулирования водородных связей электрохимическая стабильность гидрогелей была повышена до 2 В. Результаты испытаний показали, что гидрогели эффективно работают даже при низких температурах. Данное исследование открывает возможности для разработки безопасных и эффективных аккумуляторов за счет совершенствования гидрогелевых электролитов.

Ключевые слова: гидрогель, цинк-ионный аккумулятор, ионная проводимость, электрохимическая стабильность, системы накопления энергии, безопасность аккумулятора.

A. Konarov[1], B. Myrzakhmetov[2], A. Rapikov[2], A. Dauletbay[2]

[1]School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan
[2]National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

INNOVATIVE HYDROGEL ELECTROLYTES FOR HYBRID ZINC-ION BATTERIES

Abstract. The growing demand for electric transport and renewable energy sources has increased the need for lithium-ion batteries. However, the high production cost and safety concerns necessitate the study of alternative energy storage systems. This study explores the synthesis and properties of hydrogel electrolytes for hybrid aqueous zinc-ion batteries. Hydrogels were used as both the electrolyte and separator, and their structural stability and ionic conductivity were investigated. By influencing cross-linked polymer networks and regulating hydrogen bonds, the electrochemical stability of hydrogels was enhanced up to 2 V. Test results demonstrated that hydrogels operate efficiently even at low temperatures. This research paves the way for the development of safe and efficient batteries through the improvement of hydrogel electrolytes.

Keywords: hydrogel, zinc-ion battery, ionic conductivity, electrochemical stability, energy storage systems, battery safety.

МРНТИ 61.35.33

Б.Б. Амиралиев[1] – *основной автор,*
А.Е. Қуандықова[2], Б.Т. Таймасов[3],
М.С. Даулетияров[4], Г.Е. Калымбетов[5]

©

[1,2,5]Докторант, [3]Д-р техн. наук, профессор, [4]Канд. техн. наук., доцент

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-8813-9271 [2]https://orcid.org/0000-0003-4727-9195*
[3]https://orcid.org/0000-0002-1844-4932 [4]https://orcid.org/0000-0002-9578-8202
[5]https://orcid.org/0000-0002-0983-2044

[1,2,3,4,5]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан

@ *[1]aknur.01.07.94@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/PHSG2380

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК КЛАССИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ТЕРМООБРАБОТАННЫХ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛИНКЕРОВ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация. Изучена возможность получения цементного клинкера с использованием малоэнергоемких, ресурсосберегающих технологий. Проанализирован состав отходов промышленности для малоэнергоемкого получения портландцементного клинкера на заводах Южного Казахстана. Показана возможность замены дефицитной железосодержащей корректирующей добавки «клинкером вельцевания цинковых руд». «Клинкер вельцевания» в составе сырьевой шихты выполняет несколько задач: является железистой корректирующей добавкой, работает как минерализатор процессов клинкерообразования, вносит в шихту уголь и позволяет снизить расход природного топлива. Основная идея исследования заключается в исследовании глинистых сланцев и возможности их применения при производстве композиционных цементов и возможности повышения их пуццолановой активности, а также способности снижения выбросов парниковых газов, за счет снижения клинкерной составляющей. Объектом исследования является изучение химико-минералогического состава, физико-технических и технологических свойств, применяемых активных минеральных добавок на свойства композиционных цементов. Полученные термообработанные глинистые сланцы мынаральского месторождения показывают высокую пуццолановую активность, что позволяет применять их в качестве активной минеральной добавки при производстве композиционных портладцементов.

Ключевые слова: отходы промышленности, клинкер вельцевания цинковых руд, расход топлива, композиционный портландцемент, активные минеральные добавки, глинистый сланец, процессы гидратации, прочность при сжатии.

Амиралиев, Б.Б. Исследование и определение активности минеральных добавок классическим методом термообработанных глинистых сланцев с применением клинкеров полученных из отходов производств [Текст] / Б.Б. Амиралиев, А.Е. Қуандықова, Б.Т. Таймасов, М.С. Даулетияров, Г.Е. Калымбетов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.165-180. https://doi.org/10.55956/PHSG2380

Введение. Важнейшими предпосылками к исследованиям являются отсутствие в Республике Казахстан в настоящее время утвержденных стандартов на «зеленые» технологии производства портландцемента, загрязнение окружающей среды вредными выбросами в атмосферу CO_2, CO, SO_2 и NOx, производственной пыли, высокие энергозатраты на процессы тонкого измельчения цемента [1,2].

Мировая цементная промышленность произвела примерно от 6% до 7% глобальных выбросов CO_2 и от 5% до 7% выбросов парниковых газов антропогенного происхождения. CO_2 является парниковым газом, и появляется он при декарбонизации карбонатсодержащего сырья (технологические CO_2) и при сгорании топлива (энергетические CO_2).

С 2013 году принята «Концепция по переходу Республики Казахстан к Зеленой экономике, утвержденная Указом Первого Президента. Реализация поставленных стратегических экологических целей нашла отражение в редакции нового Экологического кодекса РК от 2 января 2021 года, ориентированном на применение лучшего опыта стран ОЭСР [3]. Основными нормативными и регулирующими документами для перехода на принципы Наилучших доступных техник (НДТ) являются Справочники по НДТ (СНДТ), и Заключения по НДТ, утверждаемые Правительством РК.

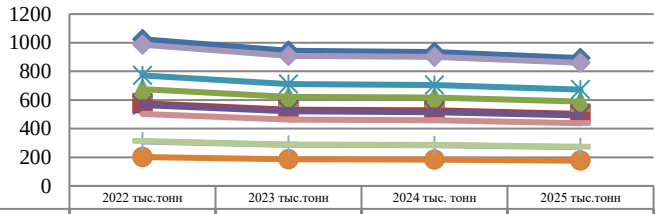
В Республике Казахстан в 2020 году создано НАО «Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов» в рамках реализации положений Экологического кодекса Республики Казахстан и бюджетной программы 044 «Содействие ускоренному переходу Казахстана к зеленой экономике путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций».

Объекты по производству цемента относятся к объектам I категории, деятельность которых оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду и которые обязаны получать комплексные экологические разрешения на осуществление своей деятельности согласно нормам экологического законодательства Республики Казахстан.

Так в соответствии с утвержденным Правительством Республики Казахстан Национальным планом углеродных квот на 2022-2025 годы и экологического кодекса Республики Казахстан от 9 января 2007 года подпункт 7) статья 16 общий объем квот на выбросы парниковых газов по регулируемым сферам деятельности составило 108,8 млн. тонн, [4]. Объём квот, выделенных предприятиям цементной промышленности на 2023-2025 годы, представлены на рисунке 1.

Цементным заводам выделяются значительно большие квоты по сравнению с гипсовыми и силикатными заводами. Это обусловлено тремя причинами: во первых, цементные заводы как правило крупные, выпуск продукции составляет до 1,2 млн тонн в год, во-вторых, при обжиге сырьевой шихты, состоящей из 70-75 % известняка, выделяется значительное количество CO_2 по реакции: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$, в третьих, при обжиге цементного клинкера по сухому способу на 1 т клинкера затрачивается 100-120 кг условного топлива и, соответственно, углерод окисляется до двуокиси и выделяется CO_2 [5,6]. Таким образом, экологические проблемы цементного производства приобретают первостепенное значение и решению этих вопросов должно уделяться должное внимание, цементные заводы должны переходить на «зеленые» технологии, не загрязняющие окружающую среду различными вредными выбросами.

Обьем квот на выбросы парниковых газов на 2022-2025 годы



	2022 тыс.тонн	2023 тыс.тонн	2024 тыс. тонн	2025 тыс.тонн
ТОО «Стандарт Цемент»	1024,4	944,1	935,8	892,9
ТОО «Производственная компания «Цементный завод	577,3	532,1	527,4	503,2
ТОО «Бухтарминская цементная компания»	676,1	623,1	617,6	589,3
АО «Шымкент цемент»	564,6	520,3	515,8	492,1
ТОО «Жамбылская цементная производственная компания»	771,7	711,2	705	672,7
ТОО «SAS –Tobe Technologies	202	186,2	184,5	176,1
ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»	310,3	286	283,5	270,5
ТОО «Каспий Цемент»	502,7	463,3	459,2	438,2
ТОО "ПО «Кокше-Цемент»	313,5	289	286,4	273,3
АО «Карцемент»	986,4	909,1	901,2	859,9

Рис. 1. Снижение количества выбросов парниковых газов для цементного производства РК

Исследованные активные минеральные добавки позволят частично заменить клинкерную составляющую при помоле цемента, что позволит повысить эффективность производства, получать экологически чистую продукцию, уменьшить выбросы дымовых газов в атмосферу, восполнить дефицит строительных материалов в стране, снизить его себестоимость, повысить экспортные возможности Республики [7-11].

Республика Казахстан привержена к реализации положений Парижского соглашения, приняв обязательства по сокращению выбросов парниковых газов безусловно на 15% от уровня 1990 года к 2030 году, а также условно на 25% к 2030 году при значительной поддержке со стороны международных финансовых институтов и доноров (уровень 1990 г. – 370 млн.тонн CO_2, цель к 2030 г – 325 млн.тонн CO_2).

Указом Президента от 2 февраля 2023 года утверждена Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. В реализацию мер по декарбонизации с 2013 года работает Национальная Система торговли квотами на выбросы парниковых газов. На сегодняшний день Система охватывает 43% от общего объема национальных выбросов парниковых газов в электроэнергетической, нефтегазовой, горнодобывающей, металлургической, химической, а также обрабатывающей (производство цемента, извести, гипса и кирпича) отраслях. Система включает в себя 212 установок, которые выбрасывают более двадцати тысяч тонн двуокиси углерода (CO_2) в год.

Ежегодное распределение квот на выбросы парниковых газов осуществляется в рамках Национального плана углеродных квот на основании верифицированных отчетов предприятий. С момента запуска системы реализованы 4 Национальных плана углеродных квот. В первых двух Национальных планах (2013, 2014-2015) при распределении квот использовался исторический метод распределения, в рамках которого квоты выдавались по фактическим выбросам за предыдущие годы. В настоящее время действует Национальный план углеродных квот на 2022-2025 годы.

Общий объем углеродных квот в Национальном плане составляет 650 млн. тонн (212 установок, общий объем – 650 млн, 2022 – 166 млн., 2023 – 163 млн., 2024 – 162 млн., 2025 – 158 млн., резерв – 2022-23 гг. 11,8 млн., 2024 г – 9,3 млн., 2025 г. – 9,2 млн.). Вместе с тем, предусмотрен резерв Национального плана, который составил 42 млн. тонны CO_2. Данный резерв предназначен для выдачи дополнительных квот, в случае увеличения мощности. В целях выполнения обновленных определяемых на национальном уровне вкладов страны в феврале текущего года были внесены изменения в действующий Национальный план в части пересмотра ставки сокращения с ежегодного 1,5% на 2,25% в 2024 году и 2,26% в 2025 году.

Как известно, в Европейском союзе с 2023 года запущен механизм отчетности всех предприятий по выбросам парниковых газов в рамках введенного Пограничного углеродного налога [12]. Одним из направлений решения вопросов энергосбережения и экологии в производстве цемента является замена части клинкера с высокой себестоимостью натуральными или искусственными, т.е. природными или техногенными добавками. Добавки доступны не во всех регионах, где расположены цементные заводы. Наиболее доступными являются пуццоланы, доменные, фосфорные шлаки, золы и др. Поэтому один из способов замены клинкера добавками это увеличить ассортимент и количество активных минеральных добавок. Для этого используются сырьевые материалы с повышенной активностью.

Bashmakov I.A. в своей работе рассматривает перспективы декорбанизации технологических процессов и продукции цементной промышленности. Проанализированы удельные выбросы парниковых газов при производстве цемента в различных странах. Авторы показывают результаты бенчмаркинга, формируют систему координат для обоснования целей и задач совершенствования систем экологического и энергетического менеджмента в производствах, для предприятий претендующих на льготное кредитование или меры государственной поддержки [13].

Potapova E.N. и др. в своей работе представили основные технологические, технические и и организационно-управленческие решения, направленые на сокращение углеродоемкости производства цемента. Рассмотрены особенности формирования промышленных экоситем, позволяющих решать сложные межотраслевые задачи развития промышленности [14].

Rocha J.H.A. и др. исследовали возможность использования устойчивых альтернатив, таких как энергоэффективность, устойчивое топливо, улавливание и использование CO_2, эффективность использования цемента и замена клинкера минеральными добавками или дополнительными материалами [15].

Lochana Poudyal предлагают комплексный подход по улучшению экологической обстановки в промышленных, таких как: улавливание и хранение углерода, использование дополнительных цементных материалов, в качестве частичной замены цемента и использование нанотехнологий [16].

Одними из таких добавок являются глины, в том числе и глинистые сланцы, которые широко распространены на территории Республики. Эти сырьевые материалы являются распространенными, дешевыми и доступными для производства композиционных цементов. Термообработанный мелкозернистый глинистый сланец достаточно эффективен и используется в качестве активной минеральной добавки на некоторых зарубежных заводах. Это актуальная активная минеральная добавка АМД в производстве цемента.

АМД повышают прочность портландцемента, оптимально влияют на процессы помола клинкеров и формированию внутрикристаллических связей при гидратации цементного теста.

Целью работы является разработка составов и технологии получения композиционных и пуццолановых цементов с использованием глинистого сланца Джамбульской области с целью снижения вредных выбросов в атмосферу и уменьшения углеродного следа цементного производства.

Предметом исследования является изучение экологических проблем цементной индустрии, разработка составов цементов с максимальным вводом минеральных добавок и промышленных отходов взамен клинкера, снижение доли клинкера и уменьшение за счет этого выхода CO_2 и других вредных выбросов при получении цементов, расчет снижения выбросов парниковых газов при производстве предлагаемых составов композиционных цементов, строительно-технические свойства, процессы гидратации и твердения композиционных цементов.

Условия и методы исследования. Глинистые сланцы – это породы метаморфического происхождения. Строение – сланцевое. Состоит из частиц очень мелких глинистых минералов, примесей кварца. Цвет – светло-зеленый серый с вкраплениями коричневого цвета. Отличительные признаки – легкое разделение на длинные отдельные колонны и плитки при механическом воздействии ударом. Вода при прикосновении придает характерный жерловой или глинистый запах.

Происхождение – уплотненные тонкие сланцевые породы, образованные в результате процесса динамометаморфизма из скоплений глинистых пород. Текстура – сланцевая с параллельным расположением раковин и вышитых минералов. Динамометаморфизм происходит под воздействием высокого давления. Породы кристаллизуются частично или полностью с изменением минерального состава и без изменений. В слабо метаморфизованных породах обнаруживаются скрытые кристаллические или переходные структуры, в том числе и реликтовые, подвергающиеся метаморфизму.

Исследование глинистых сланцев в качестве минеральной добавки проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 25094-2015 и ГОСТ 5382-2019 [16,17]. Из образцов были отобраны усредненные пробы путем четвертования. Глинистые сланцы изучались с помощью РФА, ДТА и и др.

По ГОСТ 31108-2020 [18] предусматривается выпуск портландцементов с минеральными добавками типа ЦЕМ II с добавками пуццоланы, глиежа, золы-уноса, обожженного сланца или известняка в количестве 6-20 % и 21-35 %. Ввод различных добавок, замещающих клинкер, предусмотрен и в композиционном цементе типа ЦЕМ V.

Пуццолановые добавки состоят из аморфного кремнезема. В виде примеси в них обычно присутствуют глины, мел, глауконит и другие. Цвет пород от светло-серого до темно-серого, почти черного.

Мынаральское месторождение сланцев (далее ММС) расположено в Республики Казахстан, Жамбылская область, Моинкумский район, Мынаралский с.о., с. Мынарал, в 3,5 км от предприятия ТОО «Жамбылская цементная производственная компания». Разведанных запасов этих полезных ископаемых, по утверждению геологов, достаточно на 120 лет, и геологоразведка продолжается.

Результаты исследований и их обсуждение. По термограмме ММС можно выделить 3 кривые. Это термогравиметрическая, дифференциально-

термическая и дифференциально-термическая гравиметрическая кривые (рис. 2):

1) термогравиметрический анализ ММС (выделен зеленым цветом) показывает: в интервале температур 80-170°С происходит потеря массы в количестве 0,27%, физически связанная вода удаляется из минералов бейделлита, галлуазита, монтмориллонита и диккита. Между температурами 530-568°С происходит потеря 1,66% физико-химически связанной воды, оставшейся от этих же минералов. В зоне температур 700-760°С происходит обезвоживание химически связанной кристаллической воды из минералов гидроалюмосиликата, каолинита, галлуазита и донбассита в количестве 1,78%.

2) направленные вверх вершины кривых дифференциальной термической гравиметрии (кривые отмечены красным) указывают на интенсивность процесса потери массы. В температурной зоне 130°С происходит процесс потери влаги, который при 570°С приобретает наиболее интенсивный характер. Третий пик при температуре 710-730°С указывает на начало декарбонизации карбоната кальция, присутствующего в форме минерала кальцита.

3) дифференциально-термический анализ сообщает о потере влаги при 530-568°С, а при 780°С – о декарбонизации карбоната кальция, сопровождающейся эндотермической реакцией. Также встречаются кривые, указывающие на то что, выделяются газы S, N_2, CO_2 [20-22].

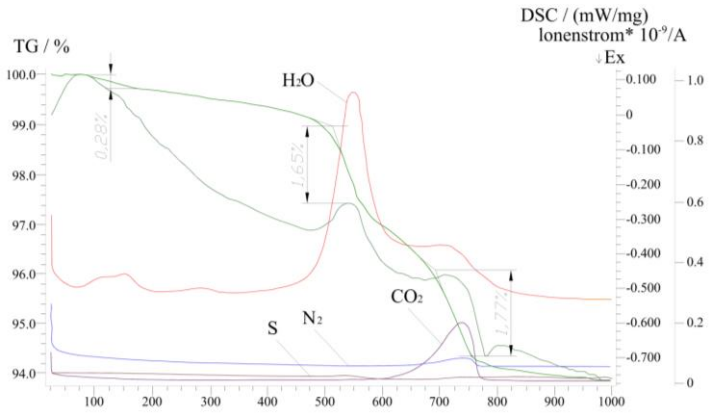


Рис. 2. Термограмма ММС

На начальной стадии экспериментальной части исследованы основные физико-химические изменения при обжиге ММС при температурах 700-900°С. Для этой цели ММС, будучи породой в виде крупных кусков размером 200 мм, предварительно подвергались дроблению в металлической ступке, а затем дроблению и истиранию на дисковом истерателе до размера частиц 2-5 мм. Затем материалвысушили в электрическом лабораторном сушильном шкафу СНОЛ-3,5/3м при температуре 90°С в течении 1 часа.

ММС согласно программы исследований обжигались в электрической печи SNOL 7,2/1100 при температурах 700-900°С. Изотермическая выдержка при этих температурах составила 20 минут.

Был выполнен рентгенографический анализ обожженного ММС (рис. 3). С помощью рентгенографического анализа были изучены основные физико-химические изменения при обжиге ММС.

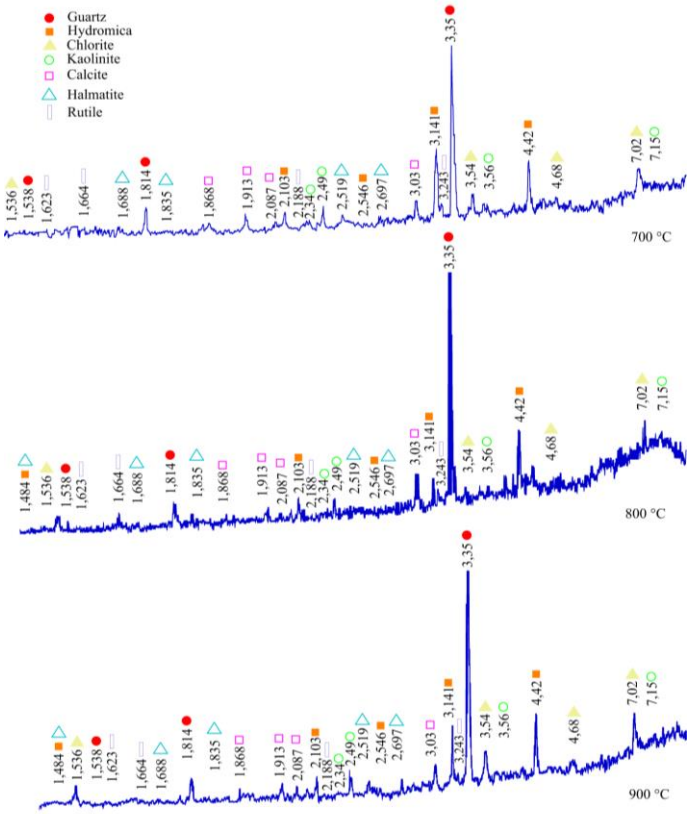


Рис. 3. РФА ММС при температурах 700-900°С

Исследование активности ММС проводили классическим методом поглощения извести из известкового раствора Установление пуццолановой активности алюмосиликатных пород различных месторождений проводили по стандартной методике: 1 г добавки (навеску добавки измельчали в агатовой ступке до прохождения через сито № 008) переносили в градуированный цилиндр емкостью 100 см^3, в который затем добавляли 100 мл насыщенного раствора извести (с концентрацией CaO 1,05-1,15 г/л) и содержимое энергично взбалтывали. Через 2 сут из цилиндра для титрования отбирали 50 мл раствора и титровали 0,05 н. HCl с индикатором метилоранж (2-3 капли). Титрование проводили каждые 2-3 дня. После титрования в цилиндр добавляли раствор извести (50 мл). Активность минеральных добавок определяли количеством $Ca(OH)_2$, которое поглощает 1г добавки за 30 сут. и более. На рисунке 4 показана зависимость пуццолановой активности ММС.

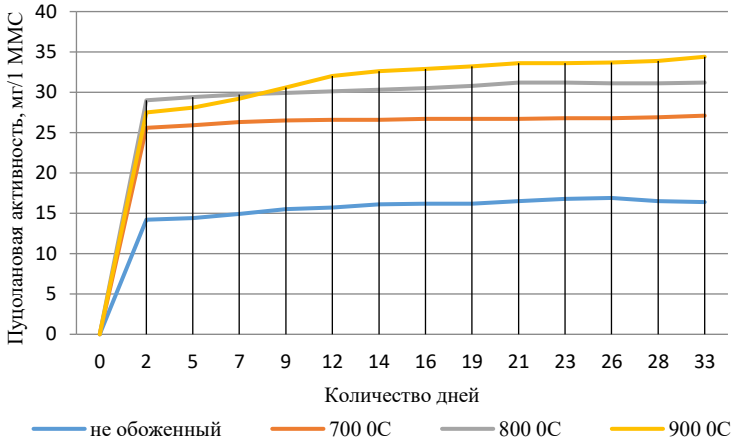


Рис. 4. Зависимость пуццолановой активности ММС

Анализ полученных данных показал, что параметры обжига, по разному влияют на свойства добавок, что обусловлено их химическим и минералогическим составом. Так как при температуре обжига ММС 900°С получена добавка с максимальной пуццолановой активностью, это соответствует глиежам [19-23].

Для исследования физико механических свойств получаемых цементов проводили совместный помол клинкера (Минералогический состав, масс.%: C_3S – 53,43; C_2S – 22,67; C_3A – 1,57; C_4AF – 21,44. Химико-минералогический состав клинкеров на основе трехкомпонентных сырьевых смесей, проба №1), природного гипса (CaO – 33,09%; SO_3 – 48,68%; H_2O – 18,23%; месторождение Джамбыл) с добавками обожженных ММС при температурах 700-900°С. Состав исследуемых композиционных цементов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав исследуемых композиционных цементов

Шифр состава	Содержание компонентов, масс.%				
	Клинкер	Гипс	ММС 700°С	ММС 800°С	ММС 900°С
Контрольная	95	5	-	-	-
1	90	5	5	5	5
2	85	5	10	10	10
3	80	5	15	15	15
4	75	5	20	20	20
5	70	5	25	25	25
6	65	5	30	30	30

Для получения клинкеров, а также с целью утилизации отходов и дополнительного снижения выбросов CO_2 в атмосферу, были выбраны сырьевые материалы: лесс; отходы известняка; Ачисайский клинкер, где были определены химический состав сырьевой смеси, химический и минералогический состав клинкера и удельный расход сырья на 1 т клинкера.

Расчеты показали, что в трехкомпонентных шихтах содержание ачисайского клинкера составляет 15,2-5,5 %. Такое большое содержание в шихте ачисайского клинкера, прошедшего термическую обработку в предыдущем процессе приводит к значительному снижению удельного

расхода сырья для получения 1 т клинкера. Для сырьевых смесей № 1-3 эта величина составляет 1,384-1,389 т/т клинкера, что меньше, чем в традиционных сырьевых шихтах на 110-130 кг. Это приведет к значительному снижению расхода тепла на нагрев сырьевых материалов до температуры спекания (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав трехкомпонентных сырьевых смесей и удельный расход сырья (Отход известняка Састобе + Лесс +Ачисайский клинкер)

№ смеси	Состав сырьевой смеси, мас.%			Удельный расход сырья, т/т клинкера			КН	Модули	
	Отход известняка Састобе	Лесс	Ачисайский клинкер	Отход известняка Састобе	Лесс	Ачисайский клинкер		n	p
1	77,91	6,74	15,50	1,077	0,093	0,214	0,88	2,0	0,56
2	78,34	6,32	15,35	1,087	0,087	0,212	0,90	2,0	0,55
3	78,89	5,91	15,20	1,096	0,082	0,211	0,92	2,0	0,55

Химический состав сырьевой смеси, масс.%							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Прочие	ппп
15,89	2,84	5,10	45,64	1,22	0,23	1,55	27,66
15,68	2,80	5,04	45,89	1,21	0,23	1,52	27,78
15,47	2,75	4,99	46,14	1,19	0,22	1,49	27,90

Расчеты показали, что на основе отхода известняка, лесса и ачисайского клинкера можно получить алитовые клинкера с низким содержание трехкальциевого алюмината. Содержание алита зависит от величины коэффициента насыщения и составляет от 53% до 69% (табл. 3).

Такие клинкера с очень низким содержанием трехкальциевого алюмината и клинкера, где отсутствует минерал C_3A будут особо сульфатостойкими и позволят получать специальные особо сульфатостойкие портландцементы, устойчивые в агрессивных средах.

Таблица 3

Химико-минералогический состав клинкеров на основе трехкомпонентных сырьевых смесей (Отход известняка Састобе+ Лесс+Ачисайский клинкер)

№ смеси	Химический состав клинкера, масс.%						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	прочие
1	21,97	3,93	7,05	63,09	1,69	0,32	1,95
2	21,71	3,87	5,04	45,89	1,21	0,23	1,91
3	21,45	3,80	5,95	65,41	1,49	0,26	1,63

КН	Модули		Минералогический состав, масс.%			
	n	p	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
0,88	2,0	0,56	53,43	22,67	-1,57	21,44
0,90	2,0	0,77	57,75	18,67	-1,61	21,23
0,95	2,2	0,64	69,29	9,22	-0,66	18,10

Физико-механические испытания проводили согласно ГОСТ 310.1-310.4 86 «Цементы. Методы испытания» и ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка». Кроме того, для получения предварительных сравнительных данных по качеству цементов использовали малые образцы в виде кубов 2×2×2 см и балочек 1×1×3 см.

Физико-механические показатели цементов, по показателю прочность на сжатие и изгиб определяют по ГОСТ 30744, на образцах призмах размерами 40×40×160 мм. Показатель предела прочности на сжатии без добавок (контрольная) за 28 суток составило 49 МПа. Максимальные показатели предела прочности на сжатии у состава с 15% добавками ММС – 51МПа. На рисунке 5 показан график изменения предела прочности цементных камней при сжатии в течение 28 суток.

Эффективность химических добавок определяют по показателю их действия на тот или иной показатель свойства строительного раствора, согласно ГОСТ 30459.

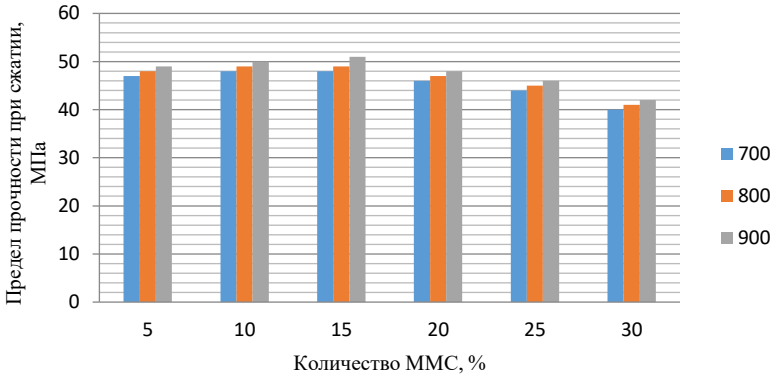


Рис. 5. График изменения предела прочности цементных камней при сжатии в течение 28 суток в зависимости от количества обожженной ММС

Сроки схватывания цементного раствора определялась с помощью прибора Вика. Показатель того, что игла устройства Вика для определения сроков схватывания не достигла дна после погружения в тесто и находилась в пределах 1-2 мм, это показатель начала сроков схватывания. Для определения сроков окончания. Падение иглы устройства Вика на поверхность затвердевшего цементного теста составляет 0,5 мм.

Для цементного раствора сроки схватывания без добавок составило начало – 155 мин., конец 245 мин., для ММС обожженные при температуре 700°С с добавками от 5 до 15% увеличилось на 15 минут, а с добавками от 20 до 30% увеличение наблюдалось до 30 мин. от контрольного образца.

Нами разработано несколько вариантов технологических схем утилизации отходов применительно к заводам, работающим мокрым и сухим способами. Для ТОО «Sastobe Technologies» разработана схема с использованием в качестве карбонатного компонента отходов дробления известняка, в качестве алюмосиликатного компонента – отходов угледобычи с шахт Ленгера, а в качестве корректирующей добавки – гранулированных свинцовых шлаков Шымкентского свинцового завода (рис. 6). Электротермофосфорный шлак вводится в количестве 10-15% как дополнительная подача в печь с холодного конца печи и как активная минеральная добавка при помоле портландцемента с минеральной добавкой и шлакового портландцемента. Фосфорные и свинцовые шлаки оказывают минерализующее действие на процесс обжига клинкера, снижают температуру спекания и уменьшают расход форсуночного топлива, повышают производительность печи.

Для получения портландцемента готовый клинкер, гипс или фосфогипс измельчают на 3-5%, активная минеральная добавка (ММС) 10-15% для композиционного цемента, 21-40% для получения ШПЦ. Отходы угледобычи в количестве 1-2 % могут подаваться в цементную мельницу для измельчения в качестве интенсификатора помола.

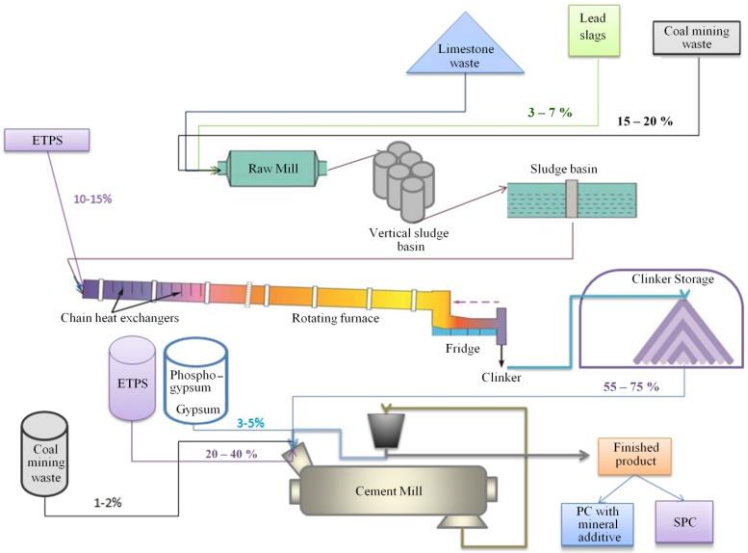


Рис. 6. Технологическая схема энергоресурсосберегающей технологии производства композиционного цемента с полной заменой карьерного сырья на промышленные отходы

Заключение. Поскольку цементная промышленность является многотоннажной, существуют возможности для утилизации больших объемов различных промышленных отходов. При этом одновременно решаются несколько задач:

– утилизация отходов, снижение нагрузки на окружающую среду;
– снижение загрязнения окружающей среды;
– интенсификация технологии производства портландцемента;
– снижение доли клинкера в портландцементе и снижение себестоимости продукции;
– снижение расхода топлива, уменьшение выбросов CO_2, улучшение производительности печей и др.

Использование обожженных ММС в качестве активной минеральной добавки к цементам позволяет впервую очередь с экономить клинкер, тем самым снижая себестоимость цемента.

В обожженных ММС содержится активное количество кремнезема и глинозема, которые при реагировании с цементными минералами образуют прочные и стойкие гидросиликаты кальция, которые повышают водостойкость цементного камня и повышают прочность цементного камня в длительных сроках твердения.

Обожженные ММС улучшают процессы гидратации и твердения, повышают прочность цементного камня. Композиционный цемент с 10-15% добавками обожженных глинистых сланцев дают возможность получать экологический чистый и высококачественный цемент.

Использование полученных клинкеров из отходов производств при получении композиционных цементов совместно с ММС, позволяет значительно снизить выбросы углекислого газа в атмосферу.

Список литературы

1. Scrivener K.L., John W.M., Gartner E.M. Eco-efficient cements: potential economically viable solutions for the low CO_2 cement-based materials industry // Cement and Concrete Research. – 2018. – Vol. 114. – P. 2-26.
2. Taimasov B.T., Sarsenbayev B.K., Khydyakova T.M., Kolesnikov A.S., Zhanikulov N.N. Development and Testing of Low-Energy-Intensive Technology of Receiving Sulphate-Resistant and Road Portlandcement // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2017. – P. 347-355.
3. [?] Экологическое нормирование предприятий: наилучшие доступные технологии, повышение энергоэффективности и выбросы парниковых газов. Международный опыт и российские подходы [Текст]. – М. : Инфотропик Медиа, 2017. – 104 с.
4. Доклад Министра экологии и природных ресурсов РК на круглый стол по теме «Система торговли выбросами Республики Казахстан и перспективы ее развития». – 28 марта 2024 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ecfs.msu.ru/news/sistema-torgovli-vyibrosami-rk.
5. Захаров, С.А. Высокоэффективный метакаолин – современный минеральный модификатор цементных систем [Текст] / С.А. Захаров, В.С. Калачик // Строительные материалы. – 2007. – № 5. – С. 56-57.
6. Корнеев, В.И. Перспективы развития общестроительных вяжущих веществ. Геополимеры и их отличительные особенности [Текст] / В.И. Корнеев, Брыков А.С. // Цемент и его применение. – 2010. – № 2. – С. 51-55.
7. Habert G., Choupay N., Escadeillas G., Guillame D. Clay content of argillites influence on cement based mortars // Applied Clay Science. – 2009. – No. 3-4. – P. 322-330.
8. Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L. The origin of the pozzolanic activity of clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite // Cement and Concrete Research. – 2001. – No. 1. – P. 113-122.
9. Castello L.R., Hernandes H.J.F., Scrivener A.M. Evolution of calcinated clay soils as supplementary cementitious materials // Proc. XII Intern. Congr. of the Chemistry of Cement. – Madrid : Instituto de Ciencias de la Construction «Eduardo Torroja», 2011. – P. 117.
10. Amiraliyev B. The use of clay shales as active mineral additives for the production of composite cements // Journal of Composite Science. – 2025.
11. Рахимов, Р.З. Свойства цементного камня с добавками глинита [Текст] / Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, А.Р. Гайфуллин // Строительные материалы. – 2015. – № 5. – С. 24-26.
12. Bashmakov I.A., Potapova E.N., Borisov K.B., Lebedev O.V., Guseva T.V. Cement Sector Decarbonization and Development of Environmental and Energy Management Systems // Construction Materials. – 2023. – No. 9. – C. 4-12.
13. Potapova E.N., Guseva T.V., Tolstykh T.O., Bubnov A.G. Technological, technical, organizational and managerial solutions for the sustainable development and decarbonization of cement sector // Technique and Technology of Silicates. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – P. 104-115.
14. Rocha H.A., Toledo Filho R.D., Cayo-Chileno N.G. Sustainable alternatives to CO_2 reduction in the cement industry: A short review // Materials Today: Proceedings. – 2022. – Vol. 57, Part 2. – P. 436-439.
15. Poudyal L., Adhikari K. Environmental sustainability in cement industry: An integrated approach for green and economical cement production // Resources, Environment and Sustainability. – 2021. – Vol. 4. – P. 100024.

16. ГОСТ 25094-2015. Добавки активные минеральные для цементов. Метод определения активности [Текст]. – Введ. 01.06.2016. – М. : Стандартинформ, 2016. – 7 с.
17. ГОСТ 5382-2019. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа [Текст]. – Введ. 01.06.2020. – М. : Стандартинформ, 2019. – 30 с.
18. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.03.2021. – М. : Стандартинформ, 2020. – 28 с.
19. Чигаркина О. «Зеленая экономика» как приоритет развития современного Казахстана [Текст] / О. Чигаркина, Е. Богданова // Промышленность Казахстана. – 2015. – № 3 (90). – С. 34-37.
20. Рахимов, Р.З. Влияние добавки прокаленной и молотой полиминеральной глины на прочность цементного камня [Текст] / Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, А.Р. Гайфуллин // Цемент и его применение. – 2015. – № 2. – С. 141-144.
21. Рахимов, Р.З. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего [Текст] / Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова // Строительные материалы. – 2013. – № 1. – С. 124-128.
22. Бутт, Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов [Текст] / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1973. – 268-272 с.
23. Kuandykova A.E., Taimasov B.T., Potapova E.N., Sarsenbayev B.K., Begentayev M.M., Kuldeyev E., Dauletiyarov M.S., Zhanikulov N.N., Amiraliyev B.B., Abdullin A.A. Production of Composite Cement Clinker Based on Industrial Waste // Journal of Composite Science. – 2024. – Vol. 8. – No. 7. – P. 257.

Материал поступил в редакцию 23.04.25, принят 26.06.25.

Б.Б. Амиралиев[1], А.Е. Қуандықова[1], Б.Т. Таймасов[1], М.С. Даулетияров[1], Г.Е. Калымбетов[1]

[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН КЛИНКЕРЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕЛГЕН САЗДЫ ТАҚТАТАСТАРДЫҢ КЛАССИКАЛЫҚ ӘДІСІМЕН МИНЕРАЛДЫ ҚОСПАЛАРДЫҢ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Энергиясы аз, ресурс үнемдейтін технологияларды қолдану арқылы цемент клинкерін алу мүмкіндігі зерттелді. Оңтүстік Қазақстандағы зауыттардағы портландцемент клинкерін аз энергия өндіруге арналған өндірістік қалдықтардың құрамына талдау жасалды. Құрамында темірі бар тапшы түзетуші қоспаны «Ащісай клинкерімен» ауыстыру мүмкіндігі көрсетілген. Шикізат партиясындағы «Ащісай клинкері» бірнеше міндеттерді орындайды: бұл темір түзетуші қоспа, клинкер түзілу процестерінің минерализаторы ретінде жұмыс істейді, партияға көмірді енгізеді және табиғи отын шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеудің негізгі идеясы сазды тақтатастарды және оларды композиттік цементтер өндірісінде пайдалану мүмкіндігін және олардың пуццоландық белсенділігін арттыру мүмкіндігін, сонымен қатар клинкер құрамдас бөлігін азайту арқылы парниктік газдар шығарындыларын азайту мүмкіндігін зерттеу болып табылады. Зерттеу объектісі композиттік цементтердің қасиеттеріне қолданылатын белсенді минералды қоспалардың химиялық және минералогиялық құрамын, физикалық, техникалық және технологиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады. Мыңарал кен орнынан алынған термиялық өңдеуден өткен сазды тақтатастардың пуццоландық белсенділігі жоғары, бұл оларды композиттік портландцементтерді өндіруде белсенді минералды қоспа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: өнеркәсіп қалдықтары, Ащісай клинкері, отын шығыны, композиттік портландцемент, белсенді минералды қоспалар, сазды тақтатас, гидратация процестері, қысу беріктігі.

B.B. Amiraliyev[1], A.E. Kuandykova[1], B.T. Taimasov[1], M.S. Dauletiyarov[1], G.E. Kalymbetov[1]

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

RESEARCH AND DETERMINATION OF ACTIVITY OF MINERAL ADDITIVES BY THE CLASSICAL METHOD OF HEAT-TREATED CLAY SHALE WITH THE USE OF CLINKERS OBTAINED FROM INDUSTRIAL WASTES

Abstract. The possibility of obtaining cement clinker using low-energy, resource-saving technologies has been studied. The composition of industrial waste for the low-energy production of portland cement clinker at factories in South Kazakhstan was analyzed. The possibility of replacing the deficient iron-containing corrective additive with “clinker of zinc ores” is shown. “Clinker of zinc ores” performs several tasks as part of the raw charge: it is an iron correcting additive, it works as a mineralizer for clinker formation processes, it introduces coal into the charge and allows to reduce the consumption of natural fuel. The main idea of the study is the study of clay shales and the possibility of their application in the production of composite cements and the possibility of increasing their pozzolanic activity, as well as the ability to reduce greenhouse gas emissions by reducing the clinker component. The object of research is the study of chemical and mineralogical composition, physical-technical and technological properties, applied active mineral additives and the properties of composite cements. The received heat-treated clay shales of the mineral deposit show high pozzolanic activity, which allows them to be used as an active mineral additive in the production of composite portladcements.

Keywords: industrial waste, zinc ore roasting clinker, fuel consumption, composite portland cement, active mineral additives, clay shale, hydration process, compressive strength.

References

1. Scrivener K.L., John W.M., Gartner E.M. Eco-efficient cements: potential economically viable solutions for the low CO_2 cement-based materials industry // Cement and Concrete Research. – 2018. – Vol. 114. – P. 2-26.
2. Taimasov B.T., Sarsenbayev B.K., Khydyakova T.M., Kolesnikov A.S., Zhanikulov N.N. Development and Testing of Low-Energy-Intensive Technology of Receiving Sulphate-Resistant and Road Portlandcement // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2017. – P. 347-355.
3. Ekologicheskoe normirovanie predpriyatii: nailuchshie dostupnye tekhnologii, povyshenie energoeffektivnosti i vybrosy parnikovykh gazov. Mezhdunarodnyi opyt i rossiiskie podkhody [Environmental regulation of enterprises: best available technologies, energy efficiency improvement and greenhouse gas emissions. International experience and Russian approaches]. – Moscow: Infotropik Media, 2017. 104 p. [in Russian].
4. Report of the Minister of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan at the round table on the topic “Emissions trading system of the Republic of Kazakhstan and prospects for its development”, 28 March 2024. – [Elecctronic resource]. – Access mode: https://ecfs.msu.ru/news/sistema-torgovli-vyibrosami-rk. [in Russian].
5. Zakharov S.A., Kalachik V.S. Vysokoeffektivnyi metakaolin – sovremennyi mineralnyi modifikator tsementnykh sistem [High-performance metakaolin – a

modern mineral modifier for cement systems]. – Construction Materials. – 2007. – No. 5. – P. 56-57. [in Russian].
6. Korneev V.I., Brykov A.S. Perspektivy razvitiya obshchestroitel'nykh vyazhushchikh veshchestv. Geopolimery i ikh otlichitel'nye osobennosti [Prospects for the development of general construction binders. Geopolymers and their distinctive features]. – Cement and Its Applications. – 2010. – No. 2. – P. 51-55. [in Russian].
7. Habert G., Choupay N., Escadeillas G., Guillame D. Clay content of argillites influence on cement based mortars // Applied Clay Science. – 2009. – No. 3-4. – P. 322-330.
8. Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L. The origin of the pozzolanic activity of clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite // Cement and Concrete Research. – 2001. – No. 1. – P. 113-122.
9. Castello L.R., Hernandes H.J.F., Scrivener A.M. Evolution of calcinated clay soils as supplementary cementitious materials // Proc. XII Intern. Congr. of the Chemistry of Cement. – Madrid : Instituto de Ciencias de la Construction «Eduardo Torroja», 2011. – P. 117.
10. Amiraliyev B. The use of clay shales as active mineral additives for the production of composite cements // Journal of Composite Science. – 2025.
11. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R. Svoistva tsementnogo kamnya s dobavkami glinita [Properties of cement stone with glinite additives]. – Construction Materials. – 2015. – No. 5. – P. 24-26. [in Russian].
12. Bashmakov I.A., Potapova E.N., Borisov K.B., Lebedev O.V., Guseva T.V. Cement Sector Decarbonization and Development of Environmental and Energy Management Systems // Construction Materials. – 2023. – No. 9. – C. 4-12.
13. Potapova E.N., Guseva T.V., Tolstykh T.O., Bubnov A.G. Technological, technical, organizational and managerial solutions for the sustainable development and decarbonization of cement sector // Technique and Technology of Silicates. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – P. 104-115.
14. Rocha H.A., Toledo Filho R.D., Cayo-Chileno N.G. Sustainable alternatives to CO_2 reduction in the cement industry: A short review // Materials Today: Proceedings. – 2022. – Vol. 57, Part 2. – P. 436-439.
15. Poudyal L., Adhikari K. Environmental sustainability in cement industry: An integrated approach for green and economical cement production // Resources, Environment and Sustainability. – 2021. – Vol. 4. – P. 100024.
16. GOST 25094–2015. Dobavki aktivnye mineral'nye dlya tsementov. Metod opredeleniya aktivnosti [Active mineral additives for cements. Method for determining activity]. – Introduced 01.06.2016. – Moscow: Standartinform, 2016. 7 p. [in Russian].
17. GOST 5382–2019. Tsementy i materialy tsementnogo proizvodstva. Metody khimicheskogo analiza [Cements and materials for cement production. Methods of chemical analysis]. – Introduced 01.06.2020. – Moscow: Standartinform, 2019. 30 p. [in Russian].
18. GOST 31108–2020. Tsementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya [Common construction cements. Technical specifications]. – Introduced 01.03.2021. – Moscow: Standartinform, 2020. 28 p. [in Russian].
19. Chigarkina O., Bogdanova E. “Zelenaya ekonomika” kak prioritet razvitiya sovremennogo Kazakhstana [Green economy as a priority for modern Kazakhstan development]. – Industry of Kazakhstan. – 2015. – No. 3 (90). – P. 34-37. [in Russian].
20. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Gaifullin A.R. Vliyanie dobavki prokalennoy i molotoy polimineral'noy gliny na prochnost' tsementnogo kamnya [Effect of calcined and ground polymineral clay additives on the strength of cement stone]. – Cement and Its Applications. – 2015. – No. 2. – P. 141-144. [in Russian].

21. Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Stroitel'stvo i mineral'nye vyazhushchie proshlogo, nastoyashchego i budushchego [Construction and mineral binders of the past, present and future]. – Construction Materials. – 2013. – No. 1. – P. 124-128. [in Russian].
22. Butt Yu.M., Timashev V.V. Praktikum po khimicheskoi tekhnologii vyazhushchikh materialov [Workshop on the chemical technology of binders]. – Moscow: Vysshaya shkola [High school], 1973. – 268-272 p. [in Russian].
23. Kuandykova A.E., Taimasov B.T., Potapova E.N., Sarsenbayev B.K., Begentayev M.M., Kuldeyev E., Dauletiyarov M.S., Zhanikulov N.N., Amiraliyev B.B., Abdullin A.A. Production of Composite Cement Clinker Based on Industrial Waste // Journal of Composite Science. – 2024. – Vol. 8. – No. 7. – P. 257.

МРНТИ 61.71.99

Г.Ж. Джаманбаева[1] – *основной автор*,
Б.Р. Таусарова[2], Б.Н. Суримбаев[3], Б. Абзалбекұлы[4]

©

[1]Докторант, [2]Д-р хим. наук, профессор, [3]PhD, [4]PhD, ассоц. профессор

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-4993-5697 [2]https://orcid.org/0000-0002-2718-2102
[3]https://orcid.org/0000-0002-3988-8444 [4]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388

[1,2]Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан
[3]Филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханобр», г. Алматы, Казахстан
[4]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

@ *[4]bekontiru@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ANVI5310

ПРИДАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Аннотация. Проведены испытания устойчивости окраски ZnO-НЧ – модифицированной хлопковой ткани к стиркам. Антибактериальные свойства обработанных образцов изучали диско-диффузионным методом по отношению к кишечной палочке *E.coli*, золотистому стафилокóкку *Staphylococcus aureus*, синегнойной палочки *Pseudomonas aeruginosa*. Полученные результаты показали, что обработанные материалы проявляют бактерицидные свойства к каждому типу микроорганизмов и обладают способностью подавлять рост бактерий. По результатам анализа сканирующего электронного микроскопа частицы оксида цинка распределены достаточно неравномерно, однако ZnO-НЧ – модифицированная хлопковая ткань не теряет свои свойства после 5 стирок. Эти результаты свидетельствуют о перспективности использования наночастиц оксида цинка для создания антибактериальных материалов.

Ключевые слова: наночастицы оксида цинка, золь-гель метод, модификация текстильных материалов, антибактериальные свойства, наночастицы.

Джаманбаева, Г.Ж. Придание антибактериальных свойств текстильным материалам золь-гель методом [Текст] / Г.Ж. Джаманбаева, Б.Р. Таусарова, Б.Н. Суримбаев, Б. Абзалбекұлы //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.181-193. https://doi.org/10.55956/ANVI5310

Введение. В настоящее время в технологии по созданию антибактериальных текстильных материалов активно внедряются нанотехнологии, позволяя получить материалы с антимикробными свойствами безопасные для человеческого здоровья [1,2]. Использование нанотехнологий позволяет значительно снизить затраты на основной стадии производства, где расход сырья и материалов значителен. Основным и наиболее перспективным направлением расширения ассортимента и улучшения свойств текстильных материалов различного состава является не столько разработка новых видов химических веществ для производства

текстильных волокон, сколько модификация уже существующих волокон и готовых текстильных материалов с целью придания им новых свойств.

Получение антибактериальных текстильных материалов возможно, во-первых, за счет использования текстильных нановолокон и нитей в материалах, во-вторых, за счет использования нанодисперсий и наноэмульсий для пропитки и отделки текстиля [3-10]. Одна из быстро развивающихся областей современной нанотехнологии – создание и использование наноразмерных частиц различных металлов. В наноразмерном состоянии многие вещества приобретают новые свойства и становятся в биологическом отношении весьма активными. В числе наноматериалов, которые производятся в настоящее время промышленностью, особое внимание привлекают препараты наночастиц серебра, цинка, меди, золота и палладия, обладающие антибактериальными свойствами [11-29]. Наполненные наночастицами волокна малоусадочны, имеют пониженную горючесть, повышенную прочность на разрыв и истирание и в зависимости от природы вводимых наночастиц могут приобретать другие защитные свойства, требующиеся человеку.

Выбор оксидов наночастиц металлов для придания антибактериальных свойств текстильным материалам зависит от множества факторов, включая целевое применение, желаемую эффективность, безопасность и экологические последствия [11-29].

Наночастицы меди обладают антибактериальной активностью в отношении *St. Aureus*. Однако выраженное антибактериальное действие наночастиц меди в отношении *Staphylococcus aureus* имеет дозозависимый эффект, а именно полное отсутствие бактериального роста наблюдается при действии водных растворов наночастиц меди в концентрациях не менее 0,5%.

Нанозолото обладает выраженными антибактериальными свойствами, что позволяет эффективно подавлять рост различных патогенов. В отличие от некоторых других металлов, золото не вызывает токсичных эффектов и не приводит к аллергическим реакциям и может быть использовано не только для антибактериальной обработки, но и для других целей, таких как улучшение эстетических характеристик текстиля (например, золотистый блеск). Но нанозолото является дорогим материалом, что может значительно увеличивать себестоимость текстиля. Процесс синтеза и внедрения нанозолота в текстиль может быть сложным и требует специализированного оборудования. Из-за высоких затрат на материалы и технологии использование нанозолота ограничено для массового производства.

Наночастицы титана можно интегрировать в различные виды тканей, включая натуральные и синтетические, расширяя возможности применения. Они обладают сильными антибактериальными свойствами, что помогает предотвратить размножение бактерий и грибков и обеспечивать длительное антибактериальное действие, что особенно важно для текстиля, подверженного частому использованию и стирке, также могут сохранять свои свойства под воздействием УФ-излучения, что делает их эффективными в условиях солнечного света. Однако технология нанесения наночастиц титана дорогая и требует специальных условий, что увеличивает стоимость конечного продукта. Текстиль, содержащий наночастицы титана сложнее утилизировать или перерабатывать, что увеличивает нагрузку на окружающую среду и требует соблюдения строгих норм и регуляций, что усложняет процесс внедрения на рынок.

Наночастицы серебра обладают сильной токсичностью по отношению к широкому спектру микробов с меньшей токсичностью по отношению к клеткам человека, а также долговечностью и повышенной окрашиваемостью. Наноматериалы серебра хорошо известны своей самоочищающейся и антимикробной активностью. Однако исследования показывают, что наночастицы могут вызывать аллергические реакции или токсические эффекты при контакте с кожей или при вдыхании, при производстве и утилизации текстильных изделий с наночастицами серебра возможен вред для экосистем. Эти частицы могут накапливаться в окружающей среде и оказывать негативное влияние на водные организмы, также ткани с антибактериальной обработкой с использованием наночастиц серебра могут требовать особого ухода, чтобы сохранить свои свойства.

В последнее время внимание исследователей привлекают нанокомпозиты на основе наночастиц оксида цинка, которые обладают полезными оптическими, механическими, полупроводниковыми, ферроэлектрическими, пьезоэлектрическими и антибактериальными свойствами. Главным преимуществом наночастиц оксида цинка, в отличие от других оксидов наночастиц является их небольшая цена и быстрая деградация в условиях окружающей среды, что снижает нагрузку на экосистему. Наноматериалы, содержащие наночастицы оксида цинка, проявляют биоцидную активность широкого спектра действия по отношению к различным бактериям, грибкам и вирусам и имеют явное преимущество перед обычными химическими противомикробными агентами.

Достоинством использования на основе наночастиц оксидов цинка для пропитки текстильных материалов являются:

– наночастцы цинка могут убивать широкий спектр бактерий, включая такие опасные для здоровья микроорганизмы, как *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*. Они действуют путем разрушения клеточной структуры и среди различных соединений покрытия на основе наночастиц довольно распространены как в натуральных, так и в синтетических тканях.

– наночастцы цинка обладают прочными физическими свойствами и могут сохранять свои антибактериальные качества в течение длительного времени, даже после многократных стирок. Это делает их полезным решением для создания долговечных и эффективных антибактериальных текстильных материалов.

– цинк является относительно безопасным металлом и не обладает токсическими свойствами для человека.

– цинк является элементом, который встречается в природе и участвует в многих биологических процессах. Его использование для создания антибактериальных текстильных материалов может снизить зависимость от синтетических химикатов, которые могут быть более токсичными и вредными для окружающей среды.

– производство наночастиц цинка может быть относительно дешевым, что снизит стоимость производства антибактериальных текстильных материалов и делает их доступнее широкой публике.

В целом, использование наночастиц цинка для придания антибактериальных свойств текстильным материалам является перспективным способом создать эффективные, прочные и безопасные материалы, которые могут значительно улучшить санитарию и гигиену в различных сферах жизни.

Оксид цинка широко используется для лечения ряда различных кожных заболеваний, он обладает противораковыми свойствами и используется как ассоциаты антибактериальных агентов в каждой микро- и наноразмерной рецептуре [30-35].

При модификации текстильных материалов наночастицами оксидов металлов в настоящее время для придания волокнам различного происхождения специальных свойств используются различные методы. К примеру фотонные технологии (УФ, ИК, лазерная обработка). Обработка волокон плазменным разрядом приводит к прививанию функциональных групп на полимере в зависимости от применяемых технологических газов в плазменной камере. Данные методы открывают большие возможности в модифицировании волокон и текстиля, но существенным недостатком является высокие затраты, поскольку такие процессы требуют специального дорогостоящего оборудования и имеют специфические ограничения. Исходя из этого перспективным методом для получения волокон и текстильных материалов, модифицированных функциональными наночастицами, является золь-гель технология. Данная технология представляет собой новый способ функционализации ткани путем обработки ее в жидкофазных системах– золях, приводящей к закреплению наночастиц на поверхности волокон и тем самым приданию тканям новых, специальных свойств. Этот метод не требует больших затрат, и позволяет получать продукты особой чистоты, к тому же по сравнению с другими методами его коммерческое применение представляется наиболее эффективным. Данная технология представляет собой новый способ функционализации ткани путем обработки ее в жидкофазных системах– золях, приводящей к закреплению наночастиц на поверхности волокон и тем самым приданию тканям новых, специальных свойств [36,37].

Целью настоящей работы является обработка хлопковой ткани наночастицами оксида цинка золь-гель методом для придания антибактериальных свойств обработанных образцов.

Условия и методы исследования. *Материалы и реагенты.* В качестве объектов исследования использована:

– неаппретированная хлопчатобумажная ткань артикула 140 (состав 100% хлопок, производства ООО «ИвМашТорг», ном.ширина – 200 см±2,0).

При проведении синтеза были использованы:

– Триэтоксисилан-3-аминопропил ($H_2N(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$) 99%, производства Sigma Aldrich представляет собой силилирующий агент;

– этиловый спирт (C_2H_5OH) – органическое соединение, относящееся к классу одноатомных спиртов;

– цинк азотнокислый 6-водный – бесцветные кристаллы, растворимые в воде и спирте;

– толуол ≥ 99,5% – бесцветная подвижная летучая жидкость с характерным запахом;

– гидроксид аммония (NH_4OH) – прозрачный бесцветный водный раствор, состоящий из газообразного аммиака, растворенного в воде.

Во всех опытах использовалась дистиллированная вода.

Методы исследования. Методика придания антибактериальных свойств хлопчатобумажной ткани. Перед началом модифицирования исходный образец ткани подвергали отвариванию в 200 мл раствора, содержащего Na_2CO_3 (2.8 г/л) при 100°С в течение 2 часов для удаления из

ткани остатков крахмала, естественных примесей и содержащихся в волокнах азотистых, жировосковых и пектиновых веществ. По окончании процесса отварки ткань промывали дистиллированной водой. Таким образом, после стадии отваривания ткань становится мягче, лучше подвергается смачиванию и имеет серо-бурую окраску. Далее подготовленную хлопковую ткань обрабатывали свежеприготовленным пропиточным раствором триэтоксисилана-3-аминопропил в течении 15-минут. Для этого триэтоксисилана-3-аминопропил предварительно растворили в толуоле 99,5% с плотностью 0,865 г/мл. Затем обработанные образцы перемешивали в пропиточном растворе на магнитной мешалке в течении одного часа. Параллельно нитрат цинка концентрации 15 г/моль и 25 г/моль полностью растворяли в 50 мл дистиллированной воде в химическом стакане на 250 мл при постоянном перемешивании при комнатной температуре в течении одного часа. Далее образец, обработанный раствором триэтоксисилан-3-аминопропил пропитывали в солевом растворе нитрата цинка 15 г/моль и 25 г/моль, затем также перемешивали на магнитной мешалке в течении двух часов, медленно каплями добавляя гидроксид аммония до образования белого осадка. Таким образом наночастицы оксида цинка (ZnO-НЧ) были синтезированы (рис. 1.) Смешанный солевой раствор нитрата цинка и триэтоксисилан-3-аминопропил имел мутный белый цвет и резкий запах. Обработанные образцы 2 (15 г/моль) и 3 (25 г/моль) высушивали при комнатной температуре. Затем хлопковые волокна были промыты бидистиллированной водой для удаления несвязанного оксида цинка и высушены при комнатной температуре.

Элементный анализ нанокомпозитов на основе наноразмерного ZnO и наноцеллюлозы проводили с использованием сканирующего электронного микроскопа HITACHI TM-1000, оборудованного EDAX детектором.

Оценка устойчивости ZnO-НЧ – модифицированной хлопковой ткани к стиркам была проведена согласно ГОСТ 9733.4-83 «Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к стиркам».

Антибактериальные свойства обработанных образцов изучали диско-диффузионным методом по отношению к кишечной палочке *E.coli*, золоти́стому стафилоко́кку *Staphylococcus aureus*, синегнойной палочки *Pseudomonas aeruginosa*. Метод основан на измерении зоны задержки роста патогенных микроорганизмов вокруг исследуемого образца.

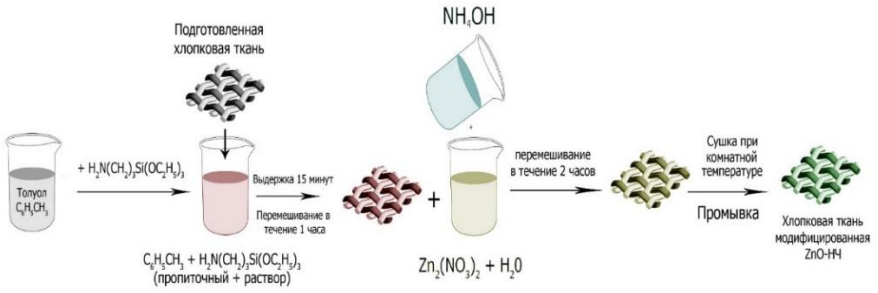
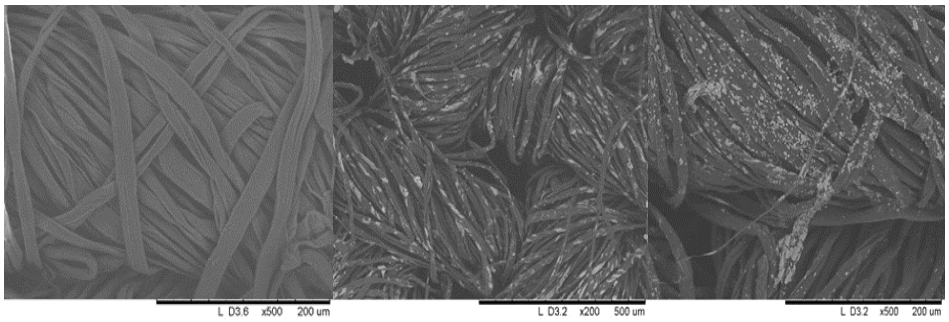


Рис. 1. Схема получения наночастиц оксида цинка и модификации хлопкового волокна

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты экспериментальных исследований по модификации хлопковой ткани наночастицами оксида цинка золь-гель методом для придания антибактериальных свойств, морфология чистой и ZnO-НЧ – модифицированной хлопковой ткани представлены на рисунке 2.



1 2 3

1 –чистая хлопковая ткань; 2 – с концентрацией нитрата цинка 15г/моль; 3 – с концентрацией нитрата цинка – 25 /моль: ZnO-НЧ модифицированной хлопковой ткани

Рис. 2. Морфология поверхности образцов (СЭМ-изображения)

Согласно анализу сканирующего электронного микроскопа чистая хлопковая ткань не содержит загрязнений в виде примесей ионов Na^+ и Ca^{2+}, удаленных после предварительной подготовки ткани путем тщательной промывки в дистиллированной воде (рис. 2). После модифицирования 3-аминопропил триэтоксисилан и наночастицами оксида цинка в образцах 2, 3 хлопковая ткань покрыта частицами оксида цинка белого цвета, которые распределены достаточно неравномерно (рис. 2, образцы 2 и 3).

Средний элементный состав чистой и ZnO-НЧ модифицированной хлопковой ткани, полученной на основе результатов ЭДС анализа приведен в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав чистой (1) и модифицированной (2,3) хлопковой ткани.

Образец №	Массовая доля, %					
	C	O	Si	Zn	Ca	Na
1	55,4	44,6	-	-	-	-
2	43,3	40,4	4,1	12,0	0,1	0,1
3	36,3	40,0	5,8	17,6	0,2	0,1

Результаты элементного анализа дают количественное представление о содержании цинка и кремния в образцах, также в расчете участвуют легкие элементы C и O, принадлежащие хлопковой ткани.

Рентгенограммы образцов были получены на рентгеновском дифрактометре марки ДРОН-4 с использованием медного излучения. Режимы получения рентгенограмм образцов следующие: рабочее напряжение на рентгеновской трубке – 35 kV, ток трубки – 20 mA, шаг движения гониометра

– 0,05° 2θ и время замера интенсивности в точке – 1,5 сек. Во время съемки образец вращался в собственной плоскости со скоростью 60 об/мин.

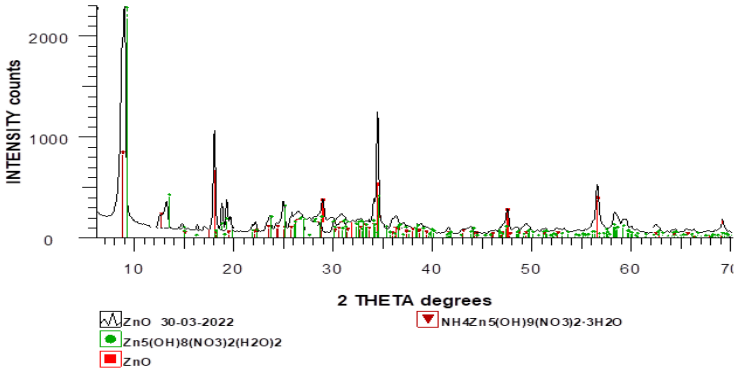


Рис. 3. Рентгенограмма образца наночастиц цинка полученные при исходной концентрации нитрата цинка 0,05 моль: $Zn_5(OH)_8(NO_3)_2(H_2O)_2$ – 10,67%; ZnO – 5,47%; $NH_4Zn_5(OH)_9(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ – 1,97%

Рентгенограмма образца наночастиц цинка подтверждает образование оксида цинка на 5,47%, остальные соединение имеют более сложную структуру.

Для исследования ИК-спектров исходных веществ и обработанных образцов использовали спектрометр производства «Bruker». В ИК-спектре обработанного образца сохраняются все полосы поглощения, характерны для необработанного хлопкового волокна (рисунок 4). Так же показано, что в спектрах обработанных триэтоксисиаланом-3-аминопропил и нитрат цинка 15 г/моль и 25 г/моль появляются новые полосы поглощения которые свидетельствуют о наличие связей Si-O- Si групп в областях 1026 и 1053$^{см-1}$, а также C-N групп в областях 1313-1427$^{см-1}$.

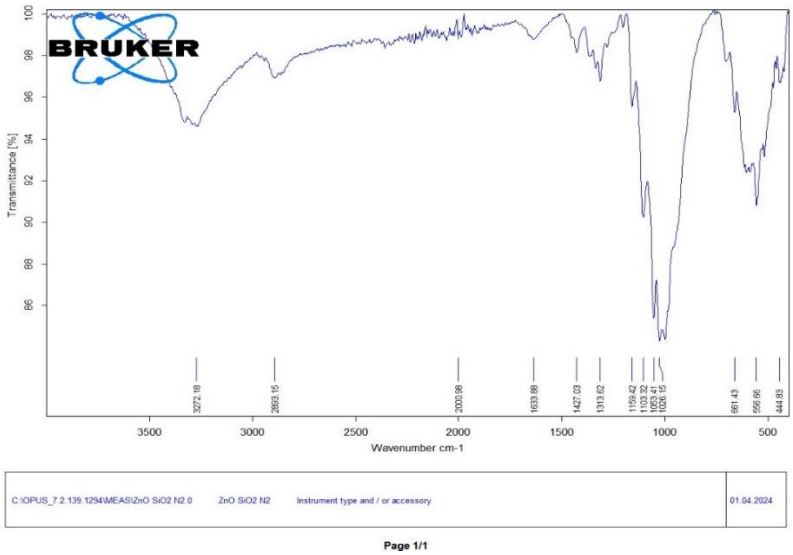


Рис. 4. ИК-спектр обработанных образцов

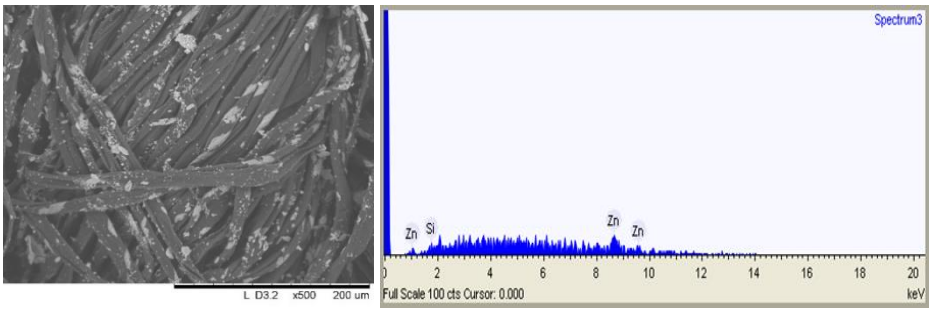
Таким образом, полученные данные при ИК-исследованиях спектров подтверждают появление химической связи между макромолекулами целлюлозы и золь-гель композицией.

Испытания устойчивости окраски к стиркам. Средний элементный состав ZnO-НЧ – модифицированной хлопковой ткани после 5 стирок, полученной на основе результатов анализа сканирующего электронного микроскопа приведены в таблице 2 и на рисунке 5.

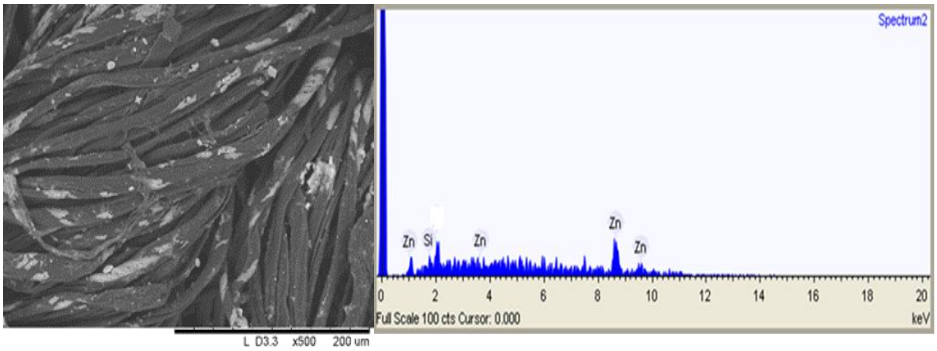
Таблица 2

Элементный состав модифицированной (2,3) хлопковой ткани ткани после 5 стирок.

Образец №	Массовая доля, %					
	C	O	Si	Zn	Ca	Na
образец №2 после 5-стирок	42,6	40,2	2,8	14,2	0,1	0,1
образец №3 после 5-стирок	38,3	40,4	5,0	16,1	0,1	0,1



Образец 2

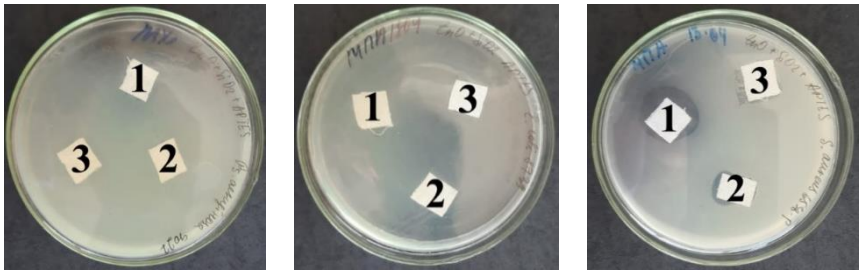


Образец 3

Рис. 5. Анализ сканирующего электронного микроскопа ZnO-НЧ модифицированной хлопковой ткани после 5 стирок

Как видно из анализа сканирующего электронного микроскопа, после 5 циклов стирки (рис. 5) частицы оксида цинка присутствуют на поверхности хлопкового волокна. Согласно результатам ЭДС анализа было найдено пренебрежительно малое количество ионов Na и Ca в образцах 2 и 3, присутствие которых может быть обусловлено использованием Na_2CO_3 в процессе стирки согласно ГОСТ 9733.4-83. В тоже время, присутствие Ca в образцах можно объяснить тем, что на завершающем этапе стирки образцы сначала дважды прополаскивали в дистиллированной воде, а затем в холодной проточной воде в течение 10 минут.

Антибактериальные свойства обработанных образцов. Результаты антимикробной активности ZnO-НЧ – модифицированной хлопковой ткани по отношению к грамотрицательным бактериям *Pseudomonas aeruginosa, E.coli, S.aureus* представлены на рисунке 6.

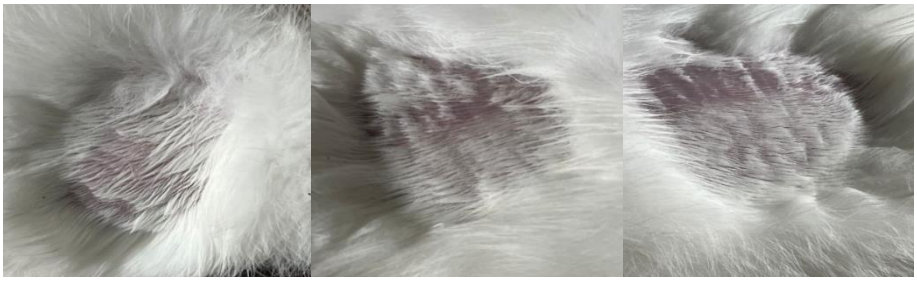


а) б) в)

Рис. 6. Антибактериальная активность образцов против штаммов *Pseudomonas aeruginosa* (а), *E.coli* (б), *S.aureus* (в)

Показано, что образцы, обработанные составами, содержащие наночастицы оксида цинка, проявляют бактерицидные свойства к каждому типу микроорганизмов и обладают способностью подавлять рост бактерий. Для *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli* рост бактерий на поверхности образцов полностью прекращается. Для *Staphylococcus aureus* рост бактерий замедляется, образуя зону задержки роста, которая увеличивается с увеличением концентрации наночастиц. Например, для покрытия, содержащего 15 г/моль оксида цинка, зона задержки роста составляет 3 мм, а для покрытия, содержащего 25 г/моль – 5 мм. Эти результаты свидетельствуют о перспективности использования наночастиц оксида цинка для создания антибактериальных материалов.

Исследования раздражающего действия на интактную кожу проводили на 3 (трех) кроликах, массой 1,8-1,85 кг. Разработанный состав концентрацией 15 г/моль и 25 г/моль наносили однократно на кожу с 4-часовым периодом экспозиции. Контрольный участок кожи обрабатывали физиологическим раствором и накладывали окклюзионную повязку. В ходе исследования был определен индекс первичного раздражения, вызванного разработанным составом, включая эритемы и отеки, в каждый интервал времени наблюдения.



а) б) в)

а) Контрольный раствор; б) Раствор концентрацией 15 г/моль; в) Раствор концентрацией 25 г/моль.

Рис. 7. Обработанные образцы кожи кролика

В ходе исследования не обнаружено морфологических, физиологических и поведенческих аномалий у экспериментальных животных и не наблюдались изменения кожного покрова. Индекс первичного раздражения равен 0. Категория реакции на раздражение у кролика классифицируется как пренебрежимо малая, что свидетельствует об отсутствии раздражающего действия.

Заключение. Полученные результаты показали, что обработанные составами, содержащие 3-аминопропил триэтоксисилан и наночастицы оксида цинка, проявляют бактерицидные свойства к каждому типу микроорганизмов (*Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Staphylococcus aureus*) и обладают способностью подавлять рост бактерий. По результатам анализа сканирующего электронного микроскопа частицы оксида цинка распределены достаточно неравномерно, однако ZnO-НЧ – модифицированная хлопковая ткань не теряет свои свойства после 5 стирок. Эти результаты свидетельствуют о перспективности использования наночастиц оксида цинка для создания антибактериальных материалов.

Список литературы

1. Hajipour M.J., Fromm K.M., Ashkarran A.A., de Aberasturi D.J., de Larramendi I.R., Rojo T., Mahmoudi M. Antibacterial properties of nanoparticles // Trends in biotechnology. – 2012. – Vol. 30 (10). – P. 499-511.
2. Slavin Y.N., Asnis J., Hńfeli U.O., Bach H. Metal nanoparticles: understanding the mechanisms behind antibacterial activity // Journal of nanobiotechnology. – 2017. – Vol. 15. – P. 1-20.
3. Abayeva L.F. Nanochastitsy i nanotekhnologii v meditsine segodnya i zavtra [Nanoparticles and nanotechnology in medicine today and tomorrow] // Almanac of Clinical Medicine. – 2010. – Vol. 22. – P. 10-6. [in Russian].
4. Antonova M.V., Krasina I.V., Ilyushina S.V. Metody pridaniya antibakterial'nykh svoystv tekstil'nym voloknam. Obzor [Methods of imparting antibacterial properties to textile fibers. Review] // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2014. – Vol. 17. – No. 18. – P. 56-63. [in Russian].
5. Joudeh N., Linke D. Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists // Journal of Nanobiotechnology. – 2022. – Vol. 20 (1). – P. 262.
6. Liang Y., Liang Y., Zhang H., Guo B. Antibacterial biomaterials for skin wound dressing // Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2022. – Vol. 17 (3). – P. 353-384.
7. Mammari N., Lamouroux E., Boudier A., Duval R.E. Current knowledge on the oxidative-stress-mediated antimicrobial properties of metal-based nanoparticles // Microorganisms. – 2022. – Vol. 10 (2). – P. 437.
8. Shahidi S., Wiener J. Antibacterial agents in textile industry // Antimicrobial agents. – 2012. – P. 387-406.
9. Andra S., Balu S.K., Jeevanandam J., Muthalagu M. Emerging nanomaterials for antibacterial textile fabrication // Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology. – 2021. – Vol. 394. – P. 1355-1382.
10. Attia N.F., Morsy M.S. Facile synthesis of novel nanocomposite as antibacterial and flame retardant material for textile fabrics // Materials Chemistry and Physics. – 2016. – Vol. 180. – P. 364-372.
11. Liao C., Li Y., Tjong S.C. Bactericidal and cytotoxic properties of silver nanoparticles // International journal of molecular sciences. – 2019. – Vol. 20 (2). – P. 449.

12. Nikolayenko, G.R. O primenenii nanochastits serebra v kachestve bakteritsidnogo agenta v proizvodstve kozh spetsial'nogo naznacheniya [On the use of silver nanoparticles as a bactericidal agent in the production of special-purpose leather] // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2013. – Vol. 16. – No. 8. – P. 86-88. [in Russian].
13. Bukina YU.A., Sergeyeva Ye.A. Antibakterial'nyye svoystva i mekhanizm bakteritsidnogo deystviya nanochastits i ionov serebra [Antibacterial properties and mechanism of bactericidal action of silver nanoparticles and ions] // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2012. – T. 15. – №. 14. – S. 170-172. [in Russian].
14. Sánchez-López E., Gomes D., Esteruelas G., Bonilla L., Lopez-Machado A.L., Galindo R., Souto E.B. Metal-based nanoparticles as antimicrobial agents: an overview // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10 (2). – P. 292.
15. Bukina YU.A., Sergeyeva Ye.A. Polucheniye antibakterial'nykh tekstil'nykh materialov na osnove nanochastits serebra posredstvom modifikatsii poverkhnosti tekstilya neravnovesnoy nizkotemperaturnoy plazmoy [Production of antibacterial textile materials based on silver nanoparticles by modifying the textile surface with nonequilibrium low-temperature plasma] // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2012. – Vol. 15. – No. 7. – P. 125-128. [in Russian].
16. Taussarova B.R., Shaikhova Zh.E., Abilkasova S.O., Yegeubayeva S.S., Jamanbayeva G.J. Modification of cellulose textile materials with copper nanoparticles, production and properties // Scientific Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2023. – Vol. 346 (2). – P. 180-193.
17. Negut I., Grumezescu V., Grumezescu A.M. Treatment strategies for infected wounds // Molecules. – 2018. – Vol. 23 (9). – P. 2392.
18. Jia B., Li G., Cao E., Luo J., Zhao X., Huang H. Recent progress of antibacterial hydrogels in wound dressings // Materials Today Bio. – 2023. – Vol. 19. – P. 100582.
19. Godoy-Gallardo M., Eckhard U., Delgado L.M., de Roo Puente Y.J., Hoyos-Nogués M., Gil F.J., Perez R.A. Antibacterial approaches in tissue engineering using metal ions and nanoparticles: From mechanisms to applications // Bioactive Materials. – 2021. – Vol. 6 (12). – P. 4470-4490.
20. Javed R., Zia M., Naz S., Aisida S.O., Ain N.U., Ao Q. Role of capping agents in the application of nanoparticles in biomedicine and environmental remediation: recent trends and future prospects // Journal of Nanobiotechnology. – 2020. – Vol. 18. – P. 1-15.
21. Wang Z., Hu W., Wang W., Xiao Y., Chen Y., Wang X. Antibacterial electrospun nanofibrous materials for wound healing // Advanced Fiber Materials. – 2023. – Vol. 5(1). – P. 107-129.
22. Frei A., Verderosa A.D., Elliott A.G., Zuegg J., Blaskovich M. A. Metals to combat antimicrobial resistance // Nature Reviews Chemistry. – 2023. – Vol. 7(3). – P. 202-224.
23. Alavi M., Kamarasu P., McClements D.J., Moore M.D. Metal and metal oxide-based antiviral nanoparticles: Properties, mechanisms of action, and applications // Advances in Colloid and Interface Science. – 2022. – Vol. 306. – P. 102726.
24. Arif D., Niazi M.B.K., Ul-Haq N., Anwar M.N., Hashmi E. Preparation of antibacterial cotton fabric using chitosan-silver nanoparticles // Fibers and Polymers. – 2015. – Vol. 16. – P. 1519-1526.
25. Xu Q., Ke X., Ge N., Shen L., Zhang Y., Fu F., Liu X. Preparation of copper nanoparticles coated cotton fabrics with durable antibacterial properties // Fibers and Polymers. – 2018. – Vol. 19. – P. 1004-1013.
26. Ouadil B., Amadine O., Essamlali Y., Cherkaoui O., Zahouily M. A new route for the preparation of hydrophobic and antibacterial textiles fabrics using Ag-loaded graphene nanocomposite // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2019. – Vol. 579. – P. 123713.

27. Olmos D., González-Benito J. Polymeric materials with antibacterial activity: A review // Polymers. – 2021. – Vol. 13 (4). – P. 613.
28. Gu X., Xu Z., Gu L., Xu H., Han F., Chen B., Pan X. Preparation and antibacterial properties of gold nanoparticles: A review // Environmental Chemistry Letters. – 2021. – Vol. 19. – P. 167-187.
29. Hazarika M., Borah D., Bora P., Silva A.R., Das P. Biogenic synthesis of palladium nanoparticles and their applications as catalyst and antimicrobial agent // PLoS One. – 2017. – Vol. 12(9). – P. e0184936.
30. Jamanbayeva G., Taussarova B., Surimbayev B., Shalgymbayev S. Effect of zinc nitrate concentration on obtaining zinc oxide micro- and nanoparticles // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology Sciences. –2022. – Vol. 3. – P. 57-67.
31. Xie Y., He Y., Irwin P.L., Jin T., Shi X. Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against Campylobacter jejuni // Applied and environmental microbiology. – 2011. – Vol. 77 (7). – P. 2325-2331.
32. Mendes C.R., Dilarri G., Forsan C.F., Sapata V.D.M.R., Lopes P.R.M., de Moraes P.B., Bidoia E.D. Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12 (1). – P. 2658.
33. Bhuyan T., Mishra K., Khanuja M., Prasad R., Varma A. Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles from Azadirachta indica for antibacterial and photocatalytic application // Materials Science in Semiconductor Processing. – 2015. – Vol. 32. – P. 55-61.
34. Mirzaei H., Darroudi M. Zinc oxide nanoparticles: Biological synthesis and biomedical applications // Ceramics International. – 2017. – Vol. 43(1). – P. 907-914.
35. Jin S.E., Jin H.E. Antimicrobial activity of zinc oxide nano/microparticles and their combinations against pathogenic microorganisms for biomedical applications: From physicochemical characteristics to pharmacological aspects // Nanomaterials. – 2021. – Vol. 11 (2). – P. 263.
36. Harifi T., Montazer M. Past, present and future prospects of cotton cross-linking: New insight into nano particles // Carbohydr Polym. – 2012. – Vol.88. – P. 1125-1140.
37. Daoud W.A., Xin J.H. Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating // J. Sol.–Gel. Sci. Technol. – 2009. – Vol.29. – P. 25-29.

Материал поступил в редакцию 06.03.25, принят 20.06.25.

Г.Ж. Джаманбаева[1], Б.Р. Таусарова[1], Б.Н. Суримбаев[2], Б. Абзалбекұлы[3]

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Казақстан
[2]Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта ұқсату жөніндегі ұлттық орталығы» шаруашылық жүргізу құқығындағы мемлекеттік республикалық кәсіпорынның «Қазмеханобр» мемлекеттік өнеркәсіптік экология ғылыми-өндірістік бірлестігі филиалы, Алматы қ., Казақстан
[3]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ.,Казақстан

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ӘДІСІМЕН ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРЫНА БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ ҚАСИЕТТЕР БЕРУ

Аңдатпа. Жұмыста ZnO-НӨБ модификацияланған мақта матаның жууға төзімділігін анықтау үшін сынақтар жүргізілді. Өңделген үлгілердің бактерияға қарсы қасиеттері *E. coli, Staphylococcus* aureus және *Pseudomonas aeruginosa*-ға қатысты дискілік диффузия әдісі арқылы зерттелді. Алынған нәтижелер өңделген материалдардың микроорганизмдердің әрбір түріне қарсы бактерицидтік қасиет

көрсететінін және бактериялардың өсуін тежеу қабілетіне ие екенін көрсетті. Электрондық микроскоптың сканерлеу нәтижелері бойынша мырыш оксидінің бөлшектері біршама біркелкі емес таралған, бірақ ZnO-НӨБ модификацияланған мақта матасы 5 рет жуудан кейін өзінің қасиеттерін жоғалтпағандығы анықталды. Бұл нәтижелер бактерияға қарсы материалдарды жасау үшін мырыш оксидінің нанобөлшектерін пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

Тірек сөздер: мырыш оксидінің нанобөлшектері, золь-гель әдісі, текстиль материалдарының модификациясы, бактерияға қарсы қасиеттері, нанобөлшектері.

G. Jamanbayeva[1], B. Taussarova[1], B. Surimbayev[2], B. Abzalbekuly[3]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]The branch of RSE «National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan» State scientific production Association of industrial ecology «KAZMEKHANOBR», Almaty, Kazakhstan
[3]Taraz University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan

IMPARTING ANTIBACTERIAL PROPERTIES TO TEXTILE MATERIALS USING THE SOL-GEL METHOD

Abstract. Tests were conducted to assess the wash fastness of ZnO nanoparticle (ZnO-NP) modified cotton fabric. The antibacterial properties of the treated samples were evaluated using the disk diffusion method against *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, and Pseudomonas aeruginosa*. The results demonstrated that the treated materials exhibited bactericidal activity against each type of microorganism and were able to inhibit bacterial growth. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis showed that the distribution of zinc oxide particles was relatively uneven, however, the ZnO-NP modified cotton fabric retained its antibacterial properties even after five washing cycles. These findings indicate the promising potential of zinc oxide nanoparticles for the development of antibacterial textile materials.

Keywords: zinc oxide nanoparticles, sol-gel method, modification of textile materials, antibacterial properties, nanoparticles.

МРНТИ 61.31.51

Т.Ш. Устабаев[1] – *основной автор*,
Г.С. Алимбетова[2], Б.М. Жаксыбек[3], С.Ж. Ахатова[4]

[1]*Магистр*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-6467-3-69* [2]*https://orcid.org/0009-0004-5046-0520*
[3]*https://orcid.org/0009-0000-0583- 3368* [4]*https://orcid.org/0000-0001-9574-1271*

[1,2,3,4]*Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства,*
г. Тараз, Казахстан

[1]*timoha_85_85@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/NNJA4753

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРИ ОПРЕСНЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОТГОННЫХ ПАСТБИЩАХ РК

Аннотация. Актуальность данного исследования обусловлена применением нового подхода к технологиям опреснения минеральных вод с минимизацией воздействия на экологию, особенно в контексте отгонного животноводства. Предложенное решение способствует улучшению экологической обстановки и совершенствованию методов утилизации рассолов и регенерационных растворов, образующихся при опреснении минерализованных вод. Цель работы – проведение экспериментального исследования, направленного на улучшение существующих методов опреснения. В ходе исследования разработалась технология по снижению негативного воздействия химических растворов и рассолов, сбрасываемых в водоемы или на испарительные площадки, что значительно ухудшает экологическую ситуацию. В работе применены различные методы: аналитический, экспериментальный, функциональный, статистический, а также методы классификации и синтеза. Проведен анализ состава минерализованных вод, выявлены ошибки при очистке и их причины. Рассмотрены свойства химических растворов и рассолов, их влияние на окружающую среду и способы минимизации негативного воздействия. Особое внимание уделено выбору оптимальных технологических режимов опреснения, которые позволят выбирать наилучшие технологические режимы работы установок и оптимизировать процессы водоподготовки, успешно решающие экологические проблемы. Практическая ценность исследования заключается в том, что его результаты могут быть применены в производстве и при обводнении пастбищных территорий, так же исследования полезны ученым, разрабатывающим новые методы опреснения рассолов и утилизации химических растворов. Они позволят снизить производственные затраты и повысить экологичность процесса.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR 24992885 «Научно-практическое обоснование устойчивого развития отечественного животноводства на основе обводнения пастбищных территорий подземными водами»).

Ключевые слова: угольная промышленность, загрязняющие вещества, фильтрация, очистные сооружения, водоподготовка.

Устабаев, Т.Ш. Применение технологии утилизации химических растворов при опреснении минерализованных вод на отгонных пастбищах РК [Текст] / Т.Ш. Устабаев, Г.С. Алимбетова, Б.М. Жаксыбек, С.Ж. Ахатова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.194-205. https://doi.org/10.55956/NNJA4753

Введение. Интенсивное развитие технологий за последние десятилетия в сельском хозяйстве, привело к значительному спросу развития водоснабжения. Возросли требования к качеству воды, что посодействовало постройке новых сооружений для систем водоснабжения, а также расширению и инновации старых. Важными проблемами в опреснении минеральных вод являются некоторые ошибки и недоработки методик, следствием чего существенно возросли экологические проблемы, т.к. большинство таких систем оказывают негативное влияние на окружающую среду, как прямое, так и косвенное. Системы водоподготовки, которые имеют серьезные отходы, такие, как шлам от осветлителей, сбросные минерализованные регенерационные растворы, после установок ионного обмена и т.д., имеют большое негативное влияние на экологический фон Поэтому их использование должно осуществляться строго в соответствии с положениями об охране окружающей среды, при этом учитывая тот факт, что рост производства только растет с каждым годом.

Целью данного исследования является выполнение объективного анализа по выявлению проблем и ошибок в методиках опреснения минеральных вод. Выполнение данной задачи предоставит возможность осуществлять опреснение минеральных вод по усовершенствованию методики и минимизированию проблем.

М.А. Бонк утверждает, что в результате промышленных процессов с использованием радионуклидов образуются отходы, которые выбрасываются, несмотря на наличие в них полезных веществ, что приводит к загрязнению окружающей среды и истощению природных ресурсов. Примером таких отходов является рассол – концентрированный солевой поток, образующийся в процессах водоподготовки, который в настоящее время регулярно сбрасывается в водоемы. Однако рассол является перерабатываемым материалом, и его необходимо восстанавливать. Проект «Нулевой рассол» направлен на разработку процесса для этой цели [1].

Как утверждает А.Ш. Бейшел, технический прогресс любого современного общества неразрывно связан с развитием производственных мощностей, увеличением промышленного производства и постоянным ростом и масштабным потреблением материальных ресурсов, в том числе и водных ресурсов [2].

По мнению М.А. Мансур, при опреснении минеральных вод для обеспечения населения и животных качественной водой получают рассол максимальной концентрации и сбрасывают его в ущелье, природный водоем, вредный для окружающей среды. В то же время в Казахстане отсутствует пищевая поваренная соль, отвечающая требованиям стандарта. Во многих областях и районах используется низкокачественная соль кустарного производства. Такие соли имеют высокое содержание нерастворимых примесей (гранит, мрамор и др.), в их составе присутствуют соли кальция, магния, железа, меди, свинца в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации. В связи с этим применимая модификация технической базы опреснения минеральных вод используется в

разностороннем направлении, то есть при получении питьевой воды, из остаточного рассола изготавливается поваренная соль и некоторые виды удобрений. [3].

По утверждению Е.Е. Ергожина, поддержание качества воды в оборотных системах является важным фактором оптимального режима работы производства, влияющим, главным образом, на эффективность работы теплообменных устройств. Ухудшение качества воды приводит к уменьшению работоспособности и производительности нефтеперерабатывающего завода [4].

Со слов О.Г. Бурдо, роль опреснения на современном этапе не ограничивается только проблемой ликвидации дефицита воды в ряде маловодных и безводных регионов мира. Принцип опреснения все шире сопровождается концентрированием растворов с целью получения из них товарных минеральных продуктов. В связи с этим на мировом рынке возрастает спрос на опреснительные установки, обладающие высокими экономическими показателями [5].

По мнению И. Калтрана, ионный обмен может эффективно удалять природные органические вещества из поверхностных вод при очистке питьевой воды. Основным недостатком удаления веществ методом ионного обмена является получение отработанного рециркулирующего рассола, который представляет собой загрязненные отходы, удаление которых стоит дорого [6].

Важно уточнить, что особенную ценность представляет собой вопрос о утилизации рассолов, его влияние на окружающую среду, а также регенерацию растворов при опреснении минеральных вод.

Суммарная величина прогнозных ресурсов подземных вод в целом по Казахстану составляет 64,28 км³/год. Общие эксплуатационные запасы подземных вод равны 15,56 км³/год. Основные ресурсы пресных подземных вод (54%) сосредоточены в южном регионе. Дефицит ресурсов пресных подземных вод отмечается в Атырауской, Северо-Казахстанской, Мангистауской, Костанайской и Западно-Казахстанской областях [7].

Как следствие 46% эксплуатационных запасов подземных вод требуют опреснения а это около 7,1 км³/год минерализованной воды. При опреснении обратноосмотическим методом который хорошо зарекомендовал себя на рынке и составляет более 90% опреснительного оборудования в Республике Казахстан, соотношение пресной воды и концентрата солей составляет 80/20.

Анализируя информацию можно сделать вывод что ежегодно при использовании минерализованных вод при индустриальном развитии Казахстана потребуется утилизировать порядка 1,4 км³/год рассолов ежегодно.

В связи с чем необходимо изучить способы преодоления данной проблемы и разработать определенный спектр рекомендаций.

Условия и методы исследования. Проведение научного исследования в сфере изучения проблем опреснения минеральных вод было выполнено с помощью применения методов, раскрывающих суть моделирования в лабораторных условиях процесса опреснения, а также теоретическое и практическое содержание объекта. При помощи аналитического метода удалось выделить главные проблемы при опреснении минеральных вод, а именно, утилизацию рассолов, полученных при опреснении воды, и утилизации промывного раствора при выполнении рециркуляции (промывки) обратноосмотических аппаратов. Использовав статистический метод, были

рассмотрены показатели, которые помогают проанализировать количество и причины ошибок в разработке мобильной обратноосмотической установки, потенциалы использования данного механизма на открытых испарительных площадках. Применив функциональный метод, была проанализирована роль утилизации рассолов и регенерационных растворов при опреснении минерализованных вод на мобильной обратноосмотической установке, а именно роль механизма в современном мире, его эффективность, преимущества и недостатки, и влияние функционирования установки на экологию в целом. Было проведено экспериментальное тестирование данной мобильной установки, целью которого являлась оценка показателей процесса испарения. Также был проведен статистический анализ данных исследования, а именно, соотношение объемов растворов и выпариваемой жидкости при величине вакуума до 0,7 бар$^{-1}$ и нагреве раствора до 60°С. Не менее эффективными были химический и физический методы исследования, именно благодаря им был проведен сравнительный анализ показателей данного исследования. Лабораторное исследование было проведено при помощи установки, все оборудование которой смонтировано в кузове автомобиля отдельными блоками.

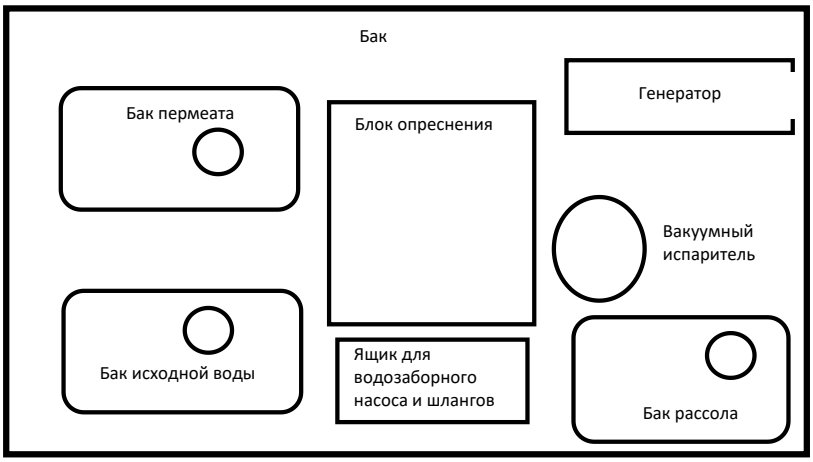


Рис. 1. Расстановка технологического оборудования на мобильной установке

Источник: составлено автором.

В задней части прицепа смонтированы емкости: исходной воды и пермеата с подающими трубами и сливными патрубками с вентилями. В центре расположена обратноосмотическая установка (заводское исполнение) с высоконапорным насосом, с фильтрами предварительной очистки и двумя аппаратами типа ESPA-4040. Здесь же расположена вакуумная испарительная установка (собственная разработка, патент), которая в настоящее время находится в стадии доводки и испытаний. На линии подачи исходной воды и в контуре рециркуляции установлены циркуляционные насосы LKS-250PW. Для утилизации промывного раствора был установлен блок вакуумного испарения, на его конструкцию получен патент РК. Промывка мембран была произведена кислым или щелочным 10% раствором технической лимонной кислоты или триполифосфата натрия. Частота промывки зависит от типа воды, величины минерализации и осуществляется через 300-500 часов

работы. Для приготовления промывного раствора используется рассольный бак. На предложенную технологическую схему получен патент РК № 6827.

Стоит отметить, что главной целью является проведение лабораторного исследования утилизации рассолов и регенерационных растворов при опреснении минерализованных вод на мобильной обратноосматической установке.

Результаты исследований. На сегодня потребность в пресной воде является огромной проблемой как в экономическом плане, так и в хозяйственном, поэтому для обеспечения потребителей нужным количеством воды есть множество разных методов опреснения минеральных вод, которые используются на различных установках, механизмах и станциях. Нужно обратить внимание на то, что при процессе опреснения появляются различные отходы, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду. Утилизация рассолов является особым технологическим процессом требующим особого внимания для соблюдения экологических норм. Поэтому представленная технологическая схема в данной статье является одним из решений этой насущной проблемы [8].

Необходимо отметить, что важным аспектом в обеспечении чистой пресной воды является также эффективное использование ресурсов, таких как вода, энергия и другие ресурсы, используемые при процессе опреснения. Поэтому следует искать методы опреснения воды, которые максимально эффективны в использовании ресурсов и имеют наименьший отрицательный эффект на окружающую среду [9].

Данное экспериментальное исследование, которое описано в статье, может стать важным шагом на пути к решению проблем, связанных с опреснением минерализованных вод на мобильной обратноосматической установке, также может помочь исправить проблему утилизации рассолов, уменьшить проблему дефицита пресной воды. Это станет важным вкладом в решении проблемных вопросов утилизации рассолов при опреснении минерализированых вод, что в свою очередь поможет решить актуальные проблемы окружающей среды и проблему доступности пресной воды [10].

Первой задачей в проведении данного эксперимента было определение его значимости, универсальности использования данной мобильной установки. Анализ ситуации показал, что стоимость доставки автоводовозами от 5 до 8 раз дороже, чем опреснение ее на месте, а качество доставляемой воды низкое и имеет опасность вторичного заражения бактериями при транспортировке. В то время, как эффективность использования опресненной воды при помощи мобильной установки заключается не только в более лучшем качестве воды, а и в удобстве её применения [11-21].

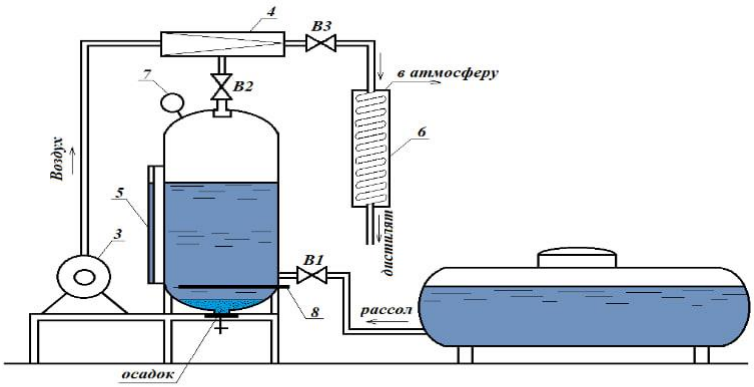
Второй задачей являлась подготовка узла утилизации рассолов для проведения эксперимента. Была разработана конструкция вакуумного испарителя, получен патент РК№ 6827.

Описание технологической схемы позволяет более детально представить процесс проведения эксперимента. Рассольный бак представляет собой емкость для хранения и переработки рассолов и регенерационных растворов, которые образуются при опреснении вод. Затем рассолы направляются на блок вакуумного испарения, где происходит отделение воды от солей. Этот процесс основан на использовании разности парциальных давлений воды в газообразном и жидком состоянии. Испарение воды происходит при давлении ниже атмосферного, что позволяет получить чистую воду высокого качества.

Третьей, самой важной, задачей было проведение самого эксперимента на мобильной обратноосматической установке, которая была усовершенствована, а также изучение результатов и составление выводов.

В данной конструкции вакуумного испарителя не требуется установка вакуумного насоса, что экономически выгоднее, так как используется способ инжектирования, который также известен как трубка Вентури.

При эксплуатации данного механизма предполагалось использовать выхлопные газы от автономного электрогенератора для создания скоростного воздушного потока. При проведении стендового испытания были известны показатели, которые указывали на явную проблему, а именно, на невозможность получения нужного воздушного потока, которого будет достаточно для создания требуемого вакуума 0,6-0,8 бар. Таким образом, необходимо было провести дополнительные исследования, чтобы устранить данную проблему и оптимизировать работу вакуумного испарителя. Схема работы вакуумного испарителя представлена на рисунке 2.



1- Рассольный бак
2- емкость вакуумного испарителя
3- компрессор
4- инжектор (трубка Вентури)
5- водомерная трубка
6- конденсатор
7- вакуумный манометр
8- ТЭН (теплоэнергонагреватель)

Рис. 2. Схема работы вакуумного испарителя

Источник: составлено автором.

В процессе опреснения воды или утилизации регенерационного раствора, а именно, технической лимонной кислотой или триполифосфатом натрия, происходило вливание рассола в рассольный бак (1), в результате чего включился компрессор (3). После этого открывались вентили В3 и В2, впоследствии чего в емкости вакуумного испарителя (2) образовался вакуум. Как следствие, после открытия вентиля В1, емкость, обозначенная на схеме номером 2, наполнилась до нужного уровня. Уровень заполнения контролируется при помощи водомерной трубки (5). При полном заполнении бака испарителя, вентили В1, В2 и В3 закрываются и включается ТЭН (теплоэнергонареватель) для повышения температуры жидкости до 50-60°С. Контроль нагрева осуществлялся при помощи электронного термометра от датчика конденсатора (6). После того, как рассол нагрелся до необходимой

температуры, был запущен процесс выпаривания в порядке, указанном выше. Контроль величины вакуума происходил при помощи манометра (7), в некоторых случаях размер достигал 0,6-0,7 бар. После этого паровоздушная смесь выводилась в конденсатор, где после охлаждения стекала в виде дистиллята. Конденсатор выполнен из горизонтальной пластиковой трубы в цилиндрическом (пластмассовом) корпусе, в который подается воздух из компрессора ветреным потоком по отношению к движению паровоздушной смеси и удаляется в атмосферу.

Компрессор используется для поддержания давления в системе, в то время как конденсатор охлаждает паровую смесь и позволяет конденсировать пары в дистиллированную воду. Блок вакуумного выпаривания предназначен для очистки и концентрирования растворов различных химических соединений, в том числе солей, кислот, щелочей, органических веществ и др. При помощи вакуумного испарителя происходит испарение раствора при сниженном давлении, что позволяет получить концентрированный продукт с минимальными затратами на энергию и сырье.

Водомерное стекло и вакуумный манометр предназначены для контроля уровня воды и давления в системе. Электронный датчик для замера температуры раствора позволяет следить за изменением температуры и управляет процессом испарения. Эжектор, который работает на основе закона сохранения энергии и позволяет создать низкое давление в системе, используется для создания вакуума в системе путем выброса струи пара из конденсатора.

Впоследствии, после открытия вентиля В1, было произведено поступление жидкости в вакуумный испаритель, которое происходило по мере её испарения. В связи с завершением испарения всего объема рассола испаритель отключается, а осадок, который появляется во время процесса, описанного выше, выгружается через люк, находящийся внизу емкости (2).

Дистиллированная вода после конденсатора сливается в емкость и подается в бак опреснения воды (пермеата). Также, осадок, после испарения промывного раствора или рассола (объемы незначительные) выгружается и складируется для последующей переработки в химическом производстве или сжигается в специальных печах. Регенерацию обратноосмотических мембран желательно проводить в базовом хозяйстве с подключением к постоянным энергосетям, что позволило бы значительно снизить затраты на процесс утилизации.

Обсуждение результатов исследования. Таким образом, была принята технологическая схема, которая позволяет осуществлять утилизацию рассолов, полученных в процессе опреснения воды, а также утилизацию промывных регенерационных растворов для восстановления селективности мембран обратноосмотических аппаратов. Это значит, что рассолы и растворы, которые раньше были выброшены как отходы, теперь могут быть переработаны и использованы повторно в производственном процессе. Важно заметить, что регенерацию мембран желательно производить на базовом хозяйстве с подключением к стационарным энергосетям. Это позволяет обеспечить стабильные условия для процесса регенерации и снизить возможность непредвиденных сбоев. Так как скорость испарения рассолов зависит от многих факторов, а именно, от температур газов, глубины вакуума, величины минерализации рассола и многих других показателей, которые будут определены в процессе производственных испытаний мобильной установки. Это позволит увеличить скорость

испарения и определить наиболее эффективные условия для работы установки и достижения максимальной производительности.

В конечном итоге, предварительные стендовые испытания схемы вакуумного испарителя и его подключение к рассольному баку, показали возможность создания вакуума до 0,7 бар$^{-1}$. При этой величине вакуума и нагреве раствора до 60°С происходит два процесса: кипение и испарение. В таблице 1 приведены показатели процесса испарения, а именно, объемы раствора, температура, величина вакуума, объем выпариваемой жидкости, затраты электроэнергии и время испарения.

Таблица 1

Показатели процесса испарения

№ п/п	Объем раствора, л	Температура, °С	Величина вакуума, бар$^{-1}$	Объем выпариваемой жидкости, л/ч	Затрат электроэнергии, кВт час/л	Время испарения, час
1	50	60-80	-0,7	5,0	2,0	10
2	40	60-80	-0,7	4,2	2,0	10
3	30	60-80	-0,7	3,4	2,0	10
4	20	60-80	-0,7	2,3	2,0	10
5	10	60-80	-0,7	1,3	2,0	10

Источник: составлено автором.

Из таблицы можно увидеть, что объем раствора варьируется в зависимости от начальной концентрации раствора и мощности используемого оборудования, а время остается неизменным, то есть фиксированным. Также можно заметить, что при увеличении объема раствора, увеличивается и объем выпариваемой жидкости, что может быть полезно для повышения производительности процесса.

Важным показателем являются затраты электроэнергии, которые также зависят от мощности используемого оборудования и времени испарения. Эти показатели могут быть оптимизированы для повышения эффективности процесса и снижения эксплуатационных затрат.

Таким образом, результаты стендовых испытаний позволяют оценить эффективность процесса испарения раствора с использованием вакуумного испарителя и определить оптимальные параметры для максимальной производительности при минимальных затратах.

Производительность данной конструкции была улучшена и срок эксплуатации вакуумного испарителя был увеличен за счет применения методов выпаривания при отрицательном атмосферном давлении что ранее не применялось в существующих технологических схемах.

При более подробном анализе технических процессов, которые происходят при использовании мобильной обратноосмотической установки, можно выявить слабые технологические узлы при функционировании каждого элемента в конструкции с целью оптимизировать работу установки.

Технико-экономические показатели вакуумного испарителя определяются многими факторами, такими как эффективность, производительность, затраты на энергию, сырье, обслуживание и ремонт оборудования. Полевые испытания мобильной установки позволят оценить реальную производительность и эффективность вакуумного испарителя в различных условиях и определить оптимальные параметры для экономически выгодной работы.

Выполненные научные исследования являются научным заделом для реализаций дальнейших исследований в области утилизации концентрированных растворов методом выпаривания и доведения до сухого остатка при опреснении минерализованных вод.

Направление дальнейших исследований будет касаться снижением затрат на получение сухого остатка и повышением производительности утилизатора растворов, которое позволит использовать оборудование при опреснении большого количества воды и снизить экологические риски.

Заключение. Обобщая результаты данного исследования, можно сделать следующие выводы. Использование данной технологии окажет очень положительное влияние на окружающую среду, так как значительно снизит затраты на транспортировку опресненной воды, а также решит проблему утилизации рассола и регенерированной жидкости. Использование этого мобильного устройства обратного осмоса также улучшит качество опресненной воды, обеспечит удобство ее применения и положительно скажется на широком распространении этого механизма среди многих потребителей. Кроме того, данный вакуумный испаритель широко используется в различных отраслях промышленности, таких как производство удобрений, нефтехимии и пищевой промышленности. Описанные в тексте процессы позволяют перерабатывать отходы, получать растворы нужной концентрации и очищать воду для повторного использования. Кроме того, вакуумные испарители являются энергосберегающими устройствами, что позволяет снизить затраты на электроэнергию и негативное воздействие на окружающую среду. Однако, прежде чем внедрять этот метод, необходимо провести полномасштабное исследование и оценить технико-экономические показатели в каждом конкретном случае. Поэтому, данный эксперимент имеет большое значение для решения проблем, связанных с опреснением воды и утилизацией отходов. Он может снизить стоимость водоснабжения, обеспечить качество воды и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, связанное с очисткой рассола.

В целом, использование технологий обратного осмоса и вакуумного испарения является перспективным направлением для улучшения экологической обстановки и снижения затрат на опреснение и утилизацию отходов в различных отраслях промышленности и домашнего хозяйства. Эти технологии могут сыграть особенно важную роль в странах с ограниченным доступом к пресной воде и в районах, где водные ресурсы ограничены или загрязнены.

Однако использование таких технологий требует учета значительных затрат на оборудование и техническое обслуживание. Кроме того, такое оборудование должно быть правильно спроектировано и настроено для обеспечения оптимальной производительности и экологической безопасности. Поэтому при внедрении данной технологии необходимо учитывать все эти факторы, а также технико-экономические характеристики конкретного применения.

Использование технологий обратного осмоса и вакуумного испарения может привести к значительному улучшению состояния окружающей среды и экономии затрат при опреснении и очистке отходов, и является важным шагом на пути к устойчивому развитию.

Список литературы

1. Boncz M.A., van Linden N., Haidari A., Wang Y., Spanjers H. Physicochemical model for simulating the chemical processes during the crystallization of minerals from spent ion exchange regenerant // Water Resources and Industry. – 2022. – Vol. 28. – P. 100171.
2. Basel A.Sh., Al-Amoudi A.A., Farooque M., Fellows C.M., Ihm S., Lee S., Li S., Voutchkov N. Seawater desalination concentrate – a new frontier for sustainable mining of valuable minerals // Clean Water. – 2022. – No. 9.
3. Mansour M.A., Garudachar B., Kumar R. Mineral extraction from seawater reverse osmosis brine of Gulf seawater // Desalination and Water Treatment. – 2019. – No. 144. – P. 44-45.
4. Ergozhin E.E., Chalov T.K., Kovrigina T.V., Melnikov Ye.A., Khakimbolatova K.Kh. Improving the quality of recycled water by pulsed electromagnetic treatment // Bulletin of the Oil and Gas Industry of Kazakhstan. – 2021. – No. 2. – P. 76-83.
5. Burdo O.G., Terziev S.G., Mordynsky V.P., Sirotyuk I.V., Fateeva Ya.A., Molchanov M.Yu. Development of a low-temperature installation of block type for sea water demineralization // Problems of Regional Energy. – 2022. – P. 13-23.
6. Caltran I., Rietveld L.C., Shorney-Darby H.L., Heijman S.G.J. Separating NOM from salts in ion exchange brine with ceramic nanofiltration // Water Research. – 2020. – Vol. 179. – P. 10-17.
7. Karimov E. Water issue in Kazakhstan: problems and solutions / [?]. – 2023.
8. Garipov I.T., Yuldashev A.B., Gapurova O.U., Abdukhakimov M.K., Khaydarov R.R., Sadikov I.I. New import-substituting antiscalant for membrane desalination system // Science and Innovative Development. – 2020. – No. 3(6). – P. 103-114.
9. Backer S.N., Bouaziz I., Kallayi N., Thomas R.T., Preethikumar G., Takriff M.S., Laoui T., Atieh M.A. Review: Brine solution: current status, future management and technology development // Sustainability. – 2022. – Vol. 14. – P. 6752.
10. Novikova O.K., Ratnikov A.M. Water supply industrial enterprises. – Gomel: BelNUT, 2021. – 132 p.
11. Baigazy Kyzy N. Technology of collector-drainage water desalination in the conditions of the Kyrgyz Republic // Eurasian Union of Scientists. – 2019. – P. 11-14.
12. Levchenko K.S. Water desalination in quarries and mines of Krivbass // Geotechnical Mechanics. – 2017. – No. 132. – P. 220-228.
13. Dolina L.F., Reshetnyak T.P. Wastewater treatment of industrial enterprises with natural metals // Science and Progress of Transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. – 2018. – No. 2. – P. 7-17.
14. Ogunbiyi O., Saththasivam J., Al-Masri D., Manawi Y., Lawler J., Zhang X., Liu Z. Sustainable brine management from the perspectives of water, energy and mineral recovery: A comprehensive review // Desalination. – 2021. – Vol. 513. – P. 115055.
15. Al-Amshawee S., Mohd Yunus M.Y.B., Mohd Azoddein A.A., Hassell D.G., Dakhil I.H., Abu Hasan H. Electrodialysis desalination for water and wastewater: A review // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 380. – P. 122231.
16. Djavadova Kh.A.qizi Investigation of Na-Cl-ionization processes of mineralized waters // Science, Technology and Education. – 2017.
17. Flodman H.R., Dvorak B.I. Brine reuse in ion-exchange softening: salt discharge, hardness leakage, and capacity tradeoffs // Water Environment Research. – 2012. – Vol. 84(6). – P. 535-543.
18. Liu Z., Haddad M., Sauvé S., Barbeau B. Alleviating the burden of ion exchange brine in water treatment: from operational strategies to brine management // Water Research. – 2021. – Vol. 205. – P. 117728.
19. Micari M., Cipollina A., Tamburini A., Moser M., Bertsch V., Micale G. Combined membrane and thermal desalination processes for the treatment of ion exchange resins spent brine // Applied Energy. – 2019. – Vol. 254. – P. 113699.

20. Pérez-González A., Ibáñez R., Gómez P., Urtiaga A.M., Ortiz I. Recovery of desalination brines: separation of calcium, magnesium and sulfate as a pre-treatment step // Desalination and Water Treatment. – 2015. – Vol. 56(13). – P. 3617-3625.
21. Reig M., Casas S., Gibert O., Valderrama C., Cortina J.L. Integration of nanofiltration and bipolar electrodialysis for valorization of seawater desalination brines: production of drinking and wastewater treatment chemicals // Desalination. – 2016. – Vol. 382. – P. 13-20.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR 24992885 «Научно-практическое обоснование устойчивого развития отечественного животноводства на основе обводнения пастбищных территорий подземными водами»).

Материал поступил в редакцию 15.05.25, принят 27.06.25.

Т.Ш. Устабаев[1], Г.С. Алимбетова[1], Б.М. Жаксыбек[1], С.Ж. Ахатова[1]

[1]Қазақ су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Тараз қ.,Казақстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ШАЛҒАЙ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ МИНЕРАЛДАНҒАН СУЛАРДЫ ТҰЩЫЛАНДЫРУ КЕЗІНДЕ ХИМИЯЛЫҚ ЕРІТІНДІЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бұл зерттеудің өзектілігі әсіресе шалғай мал шаруашылығы жағдайында минералданған суларды тұщыландыру технологияларына экологияға әсерді барынша азайтуға бағытталған жаңа тәсілдерді енгізумен байланысты. Ұсынылған шешім экологиялық жағдайды жақсартуға және минералданған суларды тұщыландыру барысында түзілетін тұзды сулар мен регенерациялық ерітінділерді кәдеге жарату әдістерін жетілдіруге ықпал етеді. Зерттеудің мақсаты – қолданыстағы тұщыландыру әдістерін жетілдіруге бағытталған эксперименттік зерттеу жүргізу. Зерттеу барысында су қоймаларына немесе булану алаңдарына ағызылатын химиялық ерітінділер мен тұзды сулардың жағымсыз әсерін азайтуға бағытталған технология әзірленді, бұл экологиялық жағдайдың нашарлауын едәуір төмендетеді. Жұмыста әртүрлі әдістер қолданылды: аналитикалық, эксперименттік, функционалдық, статистикалық, сондай-ақ жіктеу және синтез әдістері. Минералданған сулардың құрамы талданды, тазарту кезіндегі қателіктер мен олардың себептері анықталды. Химиялық ерітінділер мен тұзды сулардың қасиеттері, олардың қоршаған ортаға әсері және жағымсыз әсерлерді азайту жолдары қарастырылды. Ерекше назар тұщыландырудың оңтайлы технологиялық режимдерін таңдауға аударылды, бұл жабдықтың ең тиімді жұмыс режимдерін таңдауға және су дайындау процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді, экологиялық мәселелерді табысты шешуге септігін тигізеді. Зерттеудің практикалық маңызы оның нәтижелерінің өндірісте және жайылымдық аумақтарды суландыруда қолданылуында. Сондай-ақ, бұл зерттеу тұзды суларды тұщыландырудың және химиялық ерітінділерді кәдеге жаратудың жаңа әдістерін әзірлейтін ғалымдарға пайдалы болады. Бұл өндірістік шығындарды азайтуға және процестің экологиялық қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: көмір өнеркәсібі, ластаушы заттар, сүзу, тазарту құрылыстары, су дайындау.

T.Sh. Ustabaev[1], G. Alimbetova[1], B.M. Zhaksybek[1], S.Zh. Akhatova[1]

[1]Kazakh Scientific Research Institute of Water Management, Taraz, Kazakhstan

APPLICATION OF CHEMICAL SOLUTION UTILIZATION TECHNOLOGY IN THE DESALINATION OF MINERALIZED WATERS ON RANGELANDS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The relevance of this research is driven by the application of a new approach to desalination technologies for mineralized waters, minimizing environmental impact, particularly in the context of nomadic livestock farming. The proposed solution contributes to improving the environmental situation and enhancing methods for disposing of brines and regeneration solutions formed during the desalination of mineralized waters. The objective of this study is to conduct an experimental investigation aimed at improving existing desalination methods. During the research, a technology was developed to reduce the negative impact of brines discharged into water bodies or evaporation ponds, which significantly worsens the environmental situation. Various methods were applied in this study, including analytical, experimental, functional, statistical, as well as classification and synthesis methods. The composition of mineralized waters was analyzed, errors in the purification process were identified along with their causes. The properties of wastewater, its environmental impact, and ways to minimize negative effects were also examined. Special attention was given to selecting optimal desalination technological regimes, allowing for the selection of the best operating modes for the equipment and optimizing water treatment processes to effectively address environmental issues. The practical significance of this research lies in the fact that its results can be applied in industrial production and for watering pasture lands. Additionally, the findings are valuable for scientists developing new desalination methods. They can help reduce production costs and improve the environmental sustainability of the process.

Keywords: coal industry, pollutants, filtration, treatment facilities, water treatment.

IRSTI 61.31.57

A.M. Serikbayeva[1] – *main author*,
K.R. Toktybayeva[2], E.N. Abdulova[3], R.U. Baigulova[4], T.K. Akilov[5], T.G. Helder[6], M.S. Kalmakhanova[7]

©

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

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-8204-7851 [2]https://orcid.org/0000-0001-6193-944X
[3]https://orcid.org/0009-0009-0660-7616 [4]https://orcid.org/0009-0002-5148-559X
[5]https://orcid.org/0009-0001-5314-3983 [6]https://orcid.org/0000-0001-6898-2408
[7]https://orcid.org/0000-0002-8635-463X

[1,2,3,4,5]M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[6]Instituto Politecnico de Braganca, Braganca, Portugal
[7]M. Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

@ *[1]ali_2006.82@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/OQOD1949

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF ORGANICALLY MODIFIED PAVLODAR CLAY MINERALS FOR EFFECTIVE REMOVAL OF METHYLENE BLUE FROM THE AQUATIC ENVIRONMENT

Abstract. Due to the increasing pollution of water resources by industrial emissions in recent years, special attention has been paid to the development of effective and affordable adsorbents. In this work, the ability of modified clay materials to remove methylene blue (MB) from aqueous solutions using it as a model contaminant was studied. Modification of the natural Pavlodar clay was carried out by interlayer grafting of dimethyl sulfoxide (DMSO) and triethanolamine (TEOA). The process included the pre-introduction of DMSO, the subsequent addition of TEOA at 180°C with an exposure of 2 hours and drying at 60°C for 24 hours. The obtained materials were characterized by XRD, FT-IR, elemental analysis, thermogravimetry (DTA and TGA) and specific surface area analysis (SAA) methods. Adsorption tests were carried out at a concentration of MB 50 mg/l, adsorbent doses of 0.25-2.5 g/l, and a temperature of 50°C. The modified clay showed high efficiency: up to 97% of MB was removed within the first 15 minutes, and at a dosage of 0.5 g/l, the removal rate was 85% versus 40% for natural clay. Adsorption remained high over a wide pH range, which highlights the potential of such materials for practical applications in wastewater treatment.

Keywords: adsorption, dimethyl sulfoxide, methylene blue, organoclays, triethanolamine.

Serikbayeva A.M., Toktybayeva K.R., Abdulova E.N., Baigulova R.U., Akilov T.K., Helder T.G., Kalmakhanova M.S. Development and investigation of the properties of organically modified pavlodar clay minerals for effective removal of methylene blue from the aquatic environment //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.206-214. https://doi.org/10.55956/OQOD1949

Introduction. Dyes are colored organic compounds based on functional groups such as the chromophore group (NR_2, NHR, NH_2, COOH, and OH) and

auxochromes (N_2, NO, and NO_2). There are different classes of dyes used to color various substrates, acidic dyes are commonly used to color silk, wool, modified acrylic, and nylon. They are also used in cosmetics, paper, food, inkjet printing, and skin coloring. The main classes of acidic dyes are azine, xanthene, anthraquinone, triphenylmethane, nitroso, nitro- and azo dyes. Acid blue 2, acid red 57, methyl orange, orange (I, II) are common acid dyes. The main dyes are used for dyeing modified polyesters, modified nylons, polyacrylonitrile, as well as in the paper industry and medicine. They are also used for tanning of cotton, silk and wool [1]. This class of dyes is soluble in water and gives colored cations, they are also called cationic dyes. The main classes are cyanine, thiazine, acridine, oxazine, hemicyanin and diazagemicyanin, i.e. basic red 46, malachite green, basic yellow 28, crystalline purple, methylene blue, basic brown and basic red 9 are the main dyes. Dispersed dyes are used on cellulose acetate, nylon, acrylic fibers and cellulose fiber. These are non-ionic dyes, insoluble in water and from aqueous solutions, also used for acrylic fibers. The main classes are benzodifuranone, nitro, styryl, azo, and anthraquinone groups, and some common examples are dispersed yellow, dispersed blue, dispersed orange, and dispersed red. Direct dyes are used for dyeing leather, cotton, viscose and in the paper industry. These dyes have an affinity for cellulose fiber if the dyeing process takes place in an aqueous solution containing electrolytes. The main classes are oxazine, stilbenes, and polyazo compounds. Examples are straight orange 34, straight black, straight purple and straight blue, etc. Reactive dyes are used for nylon, wool, as well as cellulose and cotton fiber. The chromophores in these dyes are phthalocyanine, azo, and triarylmethane, and a covalent bond is formed between the dye and the fiber. Common examples are reactive yellow 2, reactive red, remazole and reactive black 5, etc. Vat dyes are used for dyeing wool, viscose fibers, linen wool and cotton (mainly on cellulose fibers), i.e. indigoids, anthraquinone, etc.; vat dyes are insoluble in water. Common examples of VAT dyes are VAT-green 6, VAT-blue and indigo. Application of adsorption using clay sorbent (bentonite – 0.05-0.2; red sludge – 0.025; Clinoptilolite – 0.14-0.29) Units/kg for wastewater treatment will be economically efficient due to cost savings that are used when importing commercial activated carbon (0.8-1.1 units/kg), natural zeolite (0.08 units/kg), chitin (15-20 units/kg), chitosan (16.5-10 units/kg), crosslinked chitosan (5-10 units/kg). At the same time, from a technical point of view, the adsorption process is also considered the best alternative for water and wastewater treatment due to its convenience, ease of operation and design, as well as the fact that it helps to solve the problem of high energy consumption (used in reverse osmosis and ultraviolet sterilization) in most developing countries. there is not enough electricity [2]. A wide variety of organic pollutants (residual dyes) enter various water bodies from various sources, such as the pharmaceutical industry, the pulp and paper industry, the leather industry, the bleaching industry, the textile industry, and other anthropogenic activities. Currently, there are about 100,000 dyes on sale (azo dyes account for about 70% by weight of these dyes), and more than 1 million tons of dyes are produced per year, of which 50% are textile dyes. According to one estimate, 2% of the dyes produced end up directly in water waste, 10% is lost during subsequent staining, and 20% of these colored compounds enter the environment through waste [3]. Data on the percentage of various dyes on various substrates and their release in wastewater.

Materials and methods. *Materials and Reactants.* Two natural clays were collected at the clay deposit of Kazakhstan in the city of Pavlodar, namely Pavlodar clay and Pavlodar clay. Dimethylsufoxide (DMSO, C_2H_6OS ,99.5%) was supplied

by Stanlab PURE, dioxane ($C_4H_4O_2$, 99.5%) was supplied by DiAKiT, isopropanol (C_3H_8O, 99.7%) was supplied by Chemistry and Technology, TEAO ($C_6H_{15}NO_3$,95%) was supplied by Tomas.kz. Methylene blue (98%) was supplied by Merck. All reactants were used without any modification.

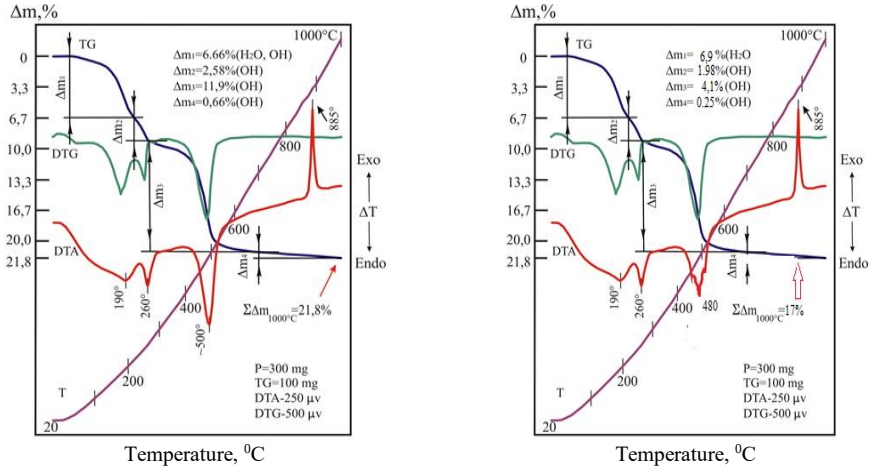
Development of materials. For the manufacture of a material with adsorption properties, two natural clays from the Pavlodar deposits were used, named as Pavlodar and Pavlodar. The natural clay was first grind into powder in a mill and sieved through a sieve No. 0.063. To modify the natural clay, 6 g of the clay was initially suspended in 6 L of water and then added to a mixture containing 30 mL of DMSO and 2.5 mL of water. The suspension was kept under magnetic stirring at a temperature of 80°C for 5 days, and then the mixture was left at room temperature for 2.5 days. The resulting material was extracted after two series of centrifugation using first dioxane (2×25 mL), and then isopropanol (2×25 mL). The product, named K-DMSO (K standing for the chosen clay), was dried at 50°C, leading to two modified clay: Pavlodar-DMSO. Then, 1 g of K-DMSO was added to 6 g of TEOA and stirred at 180°C for 2 h, and then washed with isopropanol (3×50 mL). The resulting material (K-TEAO) was dried at 50°C for 24 h, leading to Pavlodar-TEAO.

Characterization of Materials. The textural properties of the materials were determined by analysis of N_2 adsorption-desorption isotherms at 77 K, obtained in a Quantachrome NOVATOUCH XL4 adsorption analyzer using procedures reported elsewhere [4-6]. All calculations were carried out using the software version NovaWin 11.02. Prior to analysis, the materials were degassed at 120°C for 16 hours. The surface areas (S_{BET} and $S_{Langmuir}$) were determined using the methods of BET and Langmuir at p/p0 in the range 0.05-0.35. The total pore volume (V_{Total}) was determined at p/p0 = 0.98. Thermogravimetric analysis were performed on a derivatograph of the company "MOM" – Budapest (Hungary). The method used is based on the recording by the device of changes in the thermochemical and physical parameters of a substance that can be caused when it is heated. The thermochemical state of the sample is described by the curves: T (temperature), DTA (differential thermoanalytical), TG (thermogravimetric) and DTG (differential thermogravimetric), the latter curve being a derivative of the TG function. The analysis of the materials was carried out carried out in air atmosphere, in the temperature range from 20 to 1000°C with a heating rate of 10°C min^{-1}.

Adsorption process and analytical methods. The methylene blue adsorption tests were carried out adding 0.125 g of adsorbent (natural and modified clays) to 50 mL of a methylene blue solution of 50 mg/L with a total contact time of 8 h. Sampling was undertaken at predetermined intervals (0, 15, 30, 60, 120, 240, 360 and 480 min). Tests with different pH values of the methylene blue solution were considered (pH 1, 3, 6, 9 and 12). The adsorption tests also considered variations in the concentration of the adsorbent (2.5, 0.5 and 0.25 g/L) and variations in the concentration of methylene blue solution (50, 100 and 500 ppm). The adsorption of methylene blue was monitored using a UV-VIS spectrophotometer.

Research results and discussion. *Thermal analysis (DTA and TGA).* As a result of the dynamic heating of these samples, the curves DTA, DTG and TG noted the manifestations caused by the occurrence of various types of reactions in the system, reported in Figure 1. Among them are the processes associated with the release of H_2O and hydroxyls into the atmosphere during the decomposition of clay minerals, reactions with CO_2 emissions as a result of the combustion of organic

matter, as well as during the destruction of calcite. During the thermal decomposition of its mineral components, two pronounced effects were recorded, associated with the decomposition of Gibbs (in the range of 20-200°C) and with the dissociation of calcium carbonate (in the range of 400-725°C), as observed in Figure 1a.



a) b)

Fig. 1. Thermogravimetrical analysis of (a) Pavlodar natural clay and (b) Pavlodar-TEAO

The quantitative analysis are reported in Table 1. According to the thermogravimetric curve, in the first case, Gibbs is dehydrated (in two stages) with a weight loss equal to Δm1-0.3%=1.7%, which corresponds to the presence of 8.1% of Gibbs in the Pavlodar modified clay under dynamic heating from 20 to 1000°C, leaving a series of endothermic manifestations on the DTA curve at 190, 260 and ~500°C and one exothermic peak in the 900°C region, Fig.1. These endothermic reactions also took shape on the DTG curve in the form of clearly defined peaks in the same temperature regions. Such processes are caused by thermal dehydration of minerals that are part of the test sample. At these temperatures, each such discharge from the water system left a corresponding step of weight loss on the thermogravimetric (TG) curve, Table 1. According to the atlas of thermal curves of minerals and rocks, the endothermic peak at 260°C is caused by the decomposition of gibbsite (Gibbsit). Dehydration of this mineral, due to the defect of its structure, proceeds in two stages. The total weight loss in this case reaches the value of Δm1 + Δm2 = 8.58%, which corresponds to 13.1% of gibbsite in the sample. Along with this mineral, kaolinite is present in the sample, the diagnosis of which was carried out according to the above–mentioned signs - according to the endothermic effect at 500°C and the exothermic manifestation occurring at 900°C. The effect found in the 500°C region is caused by the removal of constitutional water from the kaolinite structure. When heated, kaolinite leaves on the DTA curve a weakly expressed endothermic manifestation in the range of 300-500°C and an equally weak exothermic peak in the region of 900°C. Thermal dissociation of this mineral occurs together with the combustion of organic matter(s). At the same time, kaolinite registers a weight loss of the modified

Table 1

Thermogravimetric readings of the natural and modified Pavlodar clay and of the modified Pavlodar clay, in the range of 20-1000°C

Material	Weight loss sequence	Weight loss (%)	Volatile components	Temperature range (°C)
Natural Pavlodar clay	Δm1	2.0	H_2O	20-200
	Δm2	0.875	OH	200-400
	Δm3	7.38	CO_2	400-725
	Δm4	0.125	OH	725-1000
	∑Δm1000°C	10.38	H_2O, OH, CO_2	20-1000
Modified Pavlodar clay	Δm1	6.66	H_2O	20-190
	Δm2	2.58	OH	190-260
	Δm3	11.9	OH	260-700
	Δm4	0.66	OH	700-1000
	∑Δm1000°C	21.8	H_2O, OH	20-1000

N_2 adsorption-desorption isotherms at –196°C. The N_2 adsorption-desorption isotherms of natural and prepared adsorbents are shown in Figure 2, and the textural properties are reported in Table 2. The isotherm pattern was identified as type IV [7] with loop hysteresis of type H3 [8], in accordance with the IUPAC classification. Type IV shows that the material has a mesoporous character, and loop hysteresis of type H3 shows the characteristics of a layered material with gaps similar to the pores formed by a plate layer with a space between arrays of plates [9]. This also implies that DMSO and TEOA can maintain the area between the clay layers to remain supported to create a wider gallery.

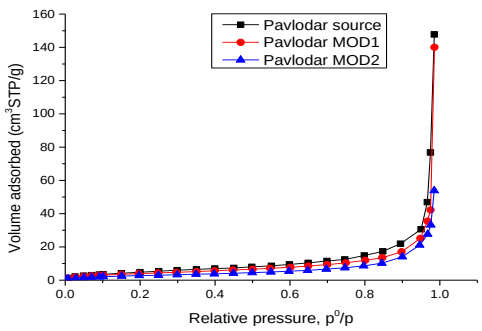


Fig. 2. N_2 adsorption-desorption isotherms at 77 K of the Pavlodar natural clays, and their derived materials

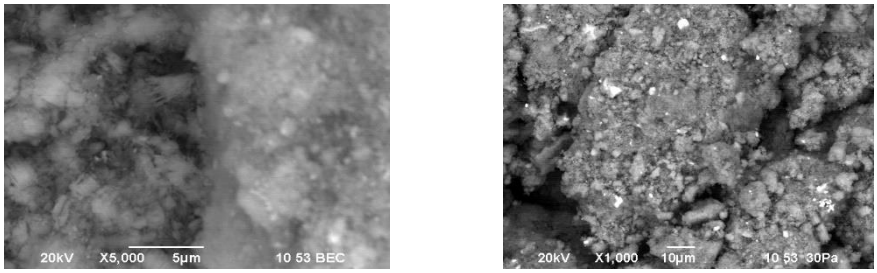
Table 2

Textural properties of the materials

Sample	S_{BET} (m^2g^{-1})	$S_{Langmuir}$ (m^2g^{-1})	S_{ext} (m^2g^{-1})	V_{mic} (cm^3g^{-1})	V_{Total} (cm^3g^{-1})	S_{mic} (m^2g^{-1})	W_{mic} (nm)
Pavlodar	20	20	20	0	0.1200	0	-
Pavlodar-DMSO	16	17	16	0	0.0660	0	-
Pavlodar-TEAO	11	12	11	0	0.0500	0	-

Scanning electron microscopy (SEM). Scanning electron microscopy (SEM) images of the original and modified clays are shown in Figure 3. There are obvious

differences in the morphology between the original and the modified clays. The SEM images showed that kaolinite has a facial aspect, manifested in its typical hexagonal plates and stacks [10]. The Pavlodar clay modified with TEOA retains this aspect, but the size of kaolinite particles has been reduced due to intercalation of TEAO molecules. The modified clay has more spongy particles, this behavior occurs due to changes in the surface charge of the particle and the time spent on the preparation of this material.



a) Pavlodar b) Pavlodar-TEAO

Fig. 3. SEM images of the (a) Pavlodar natural clay, (b) Pavlodar-TEAO clay

Adsorption of methylene blue. Effect of modification. Figure 4. shows that the ability of adsorption of methylene blue by the natural clay and by Pavlodar-TEAO present similar results under the chosen operating conditions, in which the adsorbed methylene blue is stable at 96-97% for all adsorbents. This means that the adsorbents have the same adsorption rate of methylene blue under the same operating conditions. In addition, it can be said that the adsorption process is completed in the first minutes of contact between the adsorbent and the methylene blue solution, since additional time does not increase the amount of adsorbed methylene blue. The number of active centers on an empty adsorbent leads to the fact that at first the adsorption process proceeds quickly, and then becomes constant. Due to this observation, it is anticipated that the adsorbent dosage is superior to what maybe needed for an efficient adsorption process. Accordingly, the study of adsorbent dosage was performed to confirm.

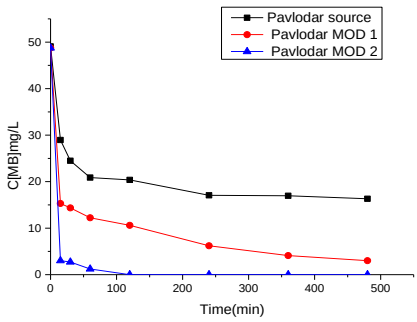


Fig. 4. Effect of clay modification on adsorption of methylene blue. Conditions: $[MB]_0$=50 mg/L, $C_{adsorbent}$=2.5 g/L, T=50ºC, pH=3.0

Effect of adsorbent dosage. The adsorbent dosage ranged from 2.5 to 0.25 g/l for both natural Pavlodar clay and clay modified with TEAO (Figure 9). At 2.5 g/l, natural clay showed rapid adsorption: in the first 15 minutes, more than 98% of methylene blue was removed (according to Figure 5). However, when the dosage

was reduced to 0.5 g/l, the effectiveness dropped sharply to 35%, and at 0.25 g/l – to 21%. In contrast, modified clay (Pavlodar-TEAO) at the same doses (0.5 and 0.25 g/l) demonstrated significantly better efficiency: more than 90% of MB was removed in both cases. Therefore, 0.25 g/l was chosen as the optimal dose for further research.

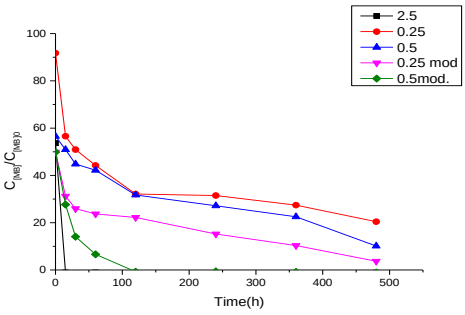


Fig. 5. Effect of adsorbent concentration on methylene blue adsorption by Pavlodar and Pavlodar-TEAO. Conditions:
$[MB]_0$=50 mg/L, $C_{adsorbent}$=0.25 – 2.5 g/L, T=50 ºC, pH_0=3.0

Effect of concentration of methylene blue. Figure 6 shows the dependence of the efficiency of adsorption of methylene blue on natural Pavlodar clay and its modification with TEAO on the concentration of the dye. As the concentration of methylene blue increases, the percentage of adsorption increases until the maximum capacity of the adsorbent is reached. The optimal concentration is 50 mg/l. At high concentrations, natural clay exhibits greater adsorption capacity than modified clay, due to its ability to expand and absorb dye molecules. The modified clay has a rigid porous structure that limits diffusion. The diameter of the methylene blue molecule (13-15 Å) and the pore size of clays (30.5 Å) ensure effective penetration of the dye into natural clay. The adsorption mechanism is based on the diffusion of molecules into the pores and galleries of the material.

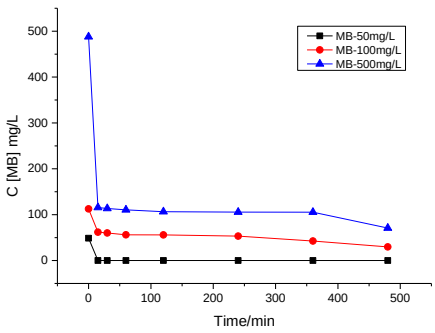


Fig. 6. Effect of the initial concentration of MB with the Pavlodar -TEAO clay.
Conditions: $C_{adsorbent}$=0.25 gL^{-1}; $[MB]_0$=50, 100, and 500 mgL^{-1}; T=50°C ; pH_0=3.0

Adsorption is the result of complex interactions between adsorbate molecules and functional groups on the surface of the adsorbent. The main active centers are hydroxyl and silanol groups, the effectiveness of which depends on the structure and chemical composition of the surface. Modification of clay enhances the active centers. For methylene blue, the key is a nitrogen atom with an unshared

pair of electrons. The mechanism of adsorption includes diffusion, electrostatic interactions, hydrogen bonds, and ion exchange.

Conclusion. Natural and modified clays are economically available and effective adsorbents for removing dyes from wastewater. Modification of clay using the tertiary amine TAO has significantly increased its adsorption capacity, despite the absence of significant changes in textural properties. The increased efficiency is explained by the introduction of nitrogen-containing functional groups that play the role of active Lewis centers, which enhance interaction with methylene blue molecules. This was especially evident in the modified clay "Pavlodar-TEAO", which showed high efficiency in cleaning aqueous solutions. These results indicate the potential for developing inexpensive and efficient water treatment technologies based on modified clays. At the same time, additional studies are needed for real use, including an assessment of environmental safety in the presence of various micro-pollutants in low concentrations.

References

1. Brunauer S., Deming L. S., Deming W. E., Teller E. On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases // Journal of the American Chemical Society. – 1940. – Vol. 62. – No. 7. – P. 1723-1732.
2. Gregg S., Sing K. Adsorption, Surface Area and Porosity. – New York: Academic Press, 1982. – 303 p.
3. Auerbach S. M., Carrado K. A., Dutta P. K. Handbook of Layered Materials. – Boca Raton: CRC Press, 2004. – 496 p.
4. Sing K., Everett D., Haul R., Moscou L., Pierotti R., Rouquerol J., Siemieniewska T. Physical and biophysical chemistry division commission on colloid and surface chemistry including catalysis // Pure and Applied Chemistry. – 1985. – Vol. 57. – No. 4. – P. 603-619.
5. Machado G. S., Groszewicz P. B., Castro K. A. D. F., Wypych F., Nakagaki S. // Journal of Colloid and Interface Science. – 2012. – Vol. 374. – P. 278-284.
6. Sun D., Li B., Li Y., Yu C., Zhang B., Fei H. // Materials Research Bulletin. – 2011. – Vol. 46. – P. 101-107.
7. Cheng H., Liu Q., Zhang J., Yang J., Frost R. L. // Journal of Colloid and Interface Science. – 2010. – Vol. 348. – P. 355-360.
8. Guerra D. L., Airoldi C., Sousa K. S. // Applied Surface Science. – 2008. – Vol. 254. – P. 5157-5162.
9. Caglar B. // Journal of Molecular Structure. – 2012. – Vol. 1020. – P. 48-53.
10. Kausar A., Bhatti H. N. Adsorptive removal of uranium from wastewater: a review // Journal of Chemical Society of Pakistan. – 2013. – Vol. 35. – P. 1041-1052.

This research is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR24992867).

Received: 22 May 2025
Accepted: 27 June 2025

А.М. Серикбаева, К.Р. Токтыбаева, Е.Н. Абдулова,
Р.У. Байгулова, Т.К. Акилов, Т.Г. Хелдер, М.С. Калмаханова

[1]М. Әуезов Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
[2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан
[3]Браганса политехникалық институты, Браганса қ., Португалия

СУ ОРТАСЫНАН МЕТИЛЕН КӨКІН ТИІМДІ ЖОЮ ҮШІН ОРГАНИКАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН ПАВЛОДАРЛЫҚ САЗДЫ МИНЕРАЛДАРДЫҢ

ҚАСИЕТТЕРІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Соңғы жылдары су ресурстарының өнеркәсіптік шығарындылармен ластануының артуына байланысты тиімді және қол жетімді адсорбенттерді дамытуға ерекше назар аударылады. Бұл жұмыс модификацияланған саз материалдарының метилен көкін (МБ) Сулы ерітінділерден модельдік ластаушы зат ретінде алып тастау қабілетін зерттеді. Табиғи Павлодар сазын модификациялау диметилсульфоксидті (ДМСО) және триэтаноламинді (TEOA) қабатты егу арқылы жүргізілді. Процесс DMSO-ны алдын-ала енгізуді, содан кейін TEOA-ны 180℃ температурада 2 сағаттық экспозициямен қосуды және 60℃ температурада 24 сағат бойы кептіруді қамтыды. Алынған материалдар рентгенография, инфрақызыл спектроскопия, элементтік талдау, термогравиметрия (DTA және TGA) және меншікті бетті талдау әдістерімен сипатталды. Адсорбция сынақтары mb концентрациясы 50 мг/л, адсорбент дозалары 0,25-2,5 г/л және 50℃ температурада жүргізілді. Модификацияланған саз жоғары тиімділікті көрсетті, алғашқы 15 минут ішінде 97% МК жойылды, ал 0,5 г/л дозада жою жылдамдығы табиғи саз үшін 40%-ға қарсы 85% құрады. Адсорбция PH-ның кең ауқымында жоғары болып қалады, бұл ағынды суларды тазартуда практикалық қолдану үшін осындай материалдардың әлеуетін көрсетеді.

Тірек сөздер: адсорбция, диметилсульфоксид, метилен көк, органоглин, триэтаноламин.

А.М. Серикбаева, К.Р. Токтыбаева, Е.Н. Абдулова,
Р.У. Байгулова, Т.К. Акилов, Т.Г. Хелдер, М.С. Калмаханова

[1]Южный Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
[2]Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[3]Политехнический институт Браганса, г. Браганса, Португалия

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПАВЛОДАРСКИХ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Аннотация. В связи с растущим в последние годы загрязнением водных ресурсов промышленными выбросами особое внимание уделяется разработке эффективных и доступных по цене адсорбентов. В этой работе была изучена способность модифицированных глинистых материалов удалять метиленовый синий (МБ) из водных растворов, используя его в качестве модельного загрязняющего вещества. Модификация природной павлодарской глины проводилась путем послойной прививки диметилсульфоксида (ДМСО) и триэтаноламина (TEOA). Процесс включал предварительное введение ДМСО, последующее добавление TEOA при температуре 180℃ с выдержкой 2 часа и сушку при температуре 60℃ в течение 24 часов. Полученные материалы были охарактеризованы методами рентгенографии, инфракрасной спектроскопии, элементного анализа, термогравиметрии (DTA и TGA) и анализа удельной поверхности (SAA). Испытания на адсорбцию проводили при концентрации МВ 50 мг/л, дозах адсорбента 0,25-2,5 г/л и температуре 50℃. Модифицированная глина показала высокую эффективность: до 97% МС удалялось в течение первых 15 минут, а при дозировке 0,5 г/л скорость удаления составляла 85% против 40% для натуральной глины. Адсорбция остается высокой в широком диапазоне pH, что подчеркивает потенциал таких материалов для практического применения в очистке сточных вод.

Ключевые слова: адсорбция, диметилсульфоксид, метиленовый синий, органоглина, триэтаноламин.

МРНТИ 64.41.09

Ф.А. Бобоев[1] – *основной автор*,
М.У. Илхамова[2], **Д.Т. Максудова**[3],
Н.У. Ибрагимова[4], **З. Убайдуллаев**[5]

©

[1,3]*PhD*, [2]*PhD, Associate Professor*, [4,5]*Student*

ORCID [2]*https://orcid.org/0009-0002-2605-8510*

[1,2,3,4,5]*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,*
г. Ташкент, Узбекистан

@ [2]*malokhat_69_86@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/AYTT1741

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНОГО РЕГЕНЕРАТА ДЛЯ ВТАЧНОЙ СТЕЛЬКИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования возможности применения нетканого материала на основе регенерированных волокон для изготовления втачной стельки (Strobel) в обувной промышленности. В рамках работы методом иглопробивания были получены пять образцов нетканого полотна, изготовленных из различных сочетаний волокон: отходов хлопка, грубой и полугрубой шерсти с добавлением текстильного регенерата. Все образцы прошли лабораторные испытания на прочностные характеристики (разрывная нагрузка и удлинение при разрыве), воздухопроницаемость, гигроскопичность и другие эксплуатационные показатели. Результаты испытаний показали, что разработанные нетканые материалы обладают необходимыми свойствами и могут быть рекомендованы для использования в качестве втачных стелек (Strobel) в обувных изделиях. Применение регенерированных волокон способствует развитию устойчивых производственных практик и снижению объёмов текстильных отходов.

Ключевые слова: образцы нетканых материалов, отходы хлопка, волокна грубой и полугрубой шерсти, текстильный регенерат, физико-механические свойства, втачная стелька.

Бобоев, Ф.А. Исследование свойств нетканого материала с использованием текстильного регенерата для втачной стельки [Текст] / Ф.А. Бобоев, М.У. Илхамова, Д.Т. Максудова, Н.У. Ибрагимова, З. Убайдуллаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.215-223. https://doi.org/10.55956/AYTT1741

Введение. Технологии производства нетканых материалов направлены на сокращение количества перерабатывающих этапов, снижение энергозатрат и повышение экономической эффективности, что делает их особенно привлекательными с точки зрения ресурсосбережения и минимизации экологического следа [1,2]. Их внедрение способствует формированию экологически ориентированной модели текстильной промышленности, в которой важнейшее значение приобретает сокращение отходов и эффективное использование сырья.

В условиях роста потребности в текстильных материалах и ограничения природных ресурсов усиливается внимание к вторичному текстильному сырью как к ценному ресурсу. Рациональное использование отходов текстильного и швейного производств, а также переработка изделий, вышедших из употребления, позволяют существенно сократить нагрузку на окружающую среду и снизить зависимость от первичных ресурсов [3,4]. Это особенно актуально в контексте формирования замкнутой экономики и перехода к безотходному производству в текстильной отрасли.

Нетканые материалы, полученные с использованием вторичного сырья и инновационных технологий, формируют устойчивую основу для развития текстильной индустрии, объединяя в себе экологическую, экономическую и технологическую эффективность [5].

Областью применения нетканых материалов является также обувная промышленность, где они применяются для изготовления утеплителей, стелек, внутренних деталей обуви, различных подкладок и прокладок. Нетканые текстильные материала использующиеся для втачных стелек называют штробельными или материалы для штробельных стелек

Штробельные стельки (Strobel) для прямого литья используются для производства военной и специальной обуви. Почти вся спортивная обувь, производимая Nike и Adidas, изготавливается с помощью процесса Strobel. Втачиваются при пошиве внутреннего метода формования или методом прямого прилива низа обуви из резины, ПУ или ПВХ [6].

В этой технологии изготовления верх обуви пришивается непосредственно к стельке с помощью специальной швейной машины. В отличие от традиционных методов, которые предполагают прикрепление верха к жесткой стельке, конструкция Strobel создает более гибкое и естественное ощущение для стопы.

Штробельные стельки для прямого литья изготавливаются из нетканого материала на синтетической фибре, покрытого резиной на водной основе и дублированного хлопчатобумажной двуниткой. Устанавливается штробельная стелька между подошвой и анатомической стелькой.

Особенностью этих стелек является: высокая прочность, защищает основание стопы от проколов и порезов, сокращает травмы на производстве, сохранение гибкости обуви – стелька не влияет на комфортность и функциональность обуви.

Штробельное полотно для прямого литья Артикул: P967 используется для изготовления втачных и накладных обувных стелек, предназначенных для повышения носкости и гигиеничности изделий. Штробельное полотно данной модели изготавливается из синтетической фибры, покрытой резиной на водной основе. С двух сторон данная заготовка покрывается хлопчатобумажными нитями для более комфортного ношения. Материал прост в обработке и удобен при производстве обуви затяжным способом. Это полотно обладает превосходной впитываемостью и устойчивостью к механическим повреждениям. Также изделие позволяет предотвратить размножение грибков [7].

Штробельная стелька Biagioli X11-031 Штробельное полотно марки X11-031 производства компании Biagioli используется в качестве материала для изготовления втачных стелек, применяемых для улучшения эксплуатационных характеристик военной, спортивной и рабочей обуви. Штробельное полотно производится из смеси полимерных нитей со смоляной обработкой. Такой материал обеспечивает превосходную впитываемость, что

особенно важно при интенсивном ношении обуви, повышает гигиенические характеристики, а также обладает устойчивостью к механическим повреждениям [8].

Условия и методы исследования. В работе исследована возможность использования нетканых материалов с использованием регенератного волокна для втачной стельки обуви.

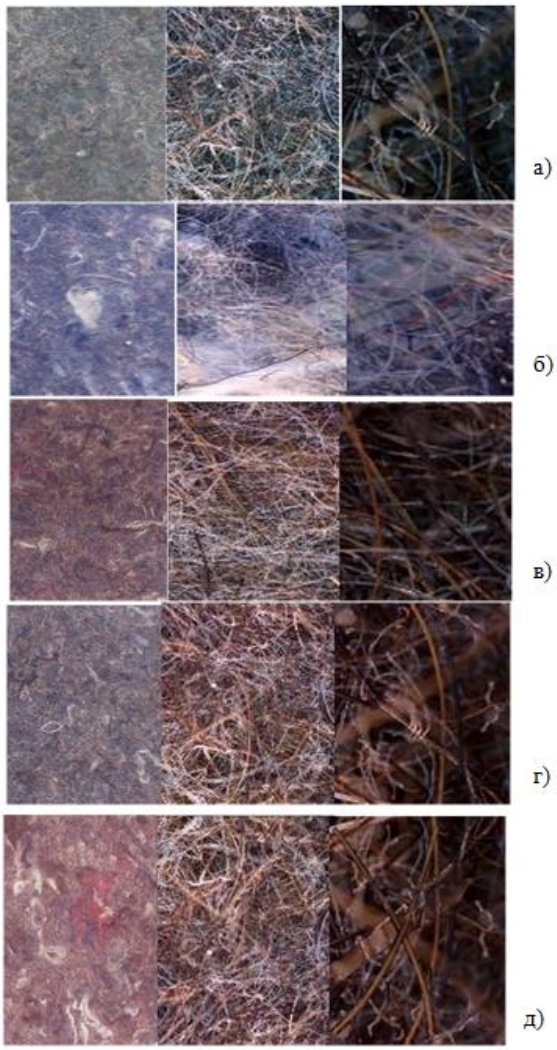


Рис. 1 Фотографии образцов нетканых материалов

1. Образец 1 – смешанный регенерат (хлопок, шерсть, акрил, полиэстер) – 50%; отходы хлопка – 25%, и волокна грубой шерсти – 25% (рис. 1.а);
2. Образец 2 – смешанный регенерат (хлопок, шерсть, акрил, полиэстер) – 75%; отходы хлопка – 25% (рис. 1 б);
3. Образец 3 – смешанный регенерат (хлопок, шерсть, акрил, полиэстер) – 75%; волокна грубой шерсти – 25% (рис. 1в);
4. Образец 4 – смешанный регенерат на (хлопок, шерсть, акриловые волокна) – 50%; отходы хлопка – 50 % (рис. 1г);

5. Образец 5 – смешанный регенерат (шерсть, акриловые волокна, хлопок) – 50%; грубой шерсти – 50 % (рис. 1д).

В качестве объектов исследования были получены 5 образцов нетканых материалов, изготовленных иглопробивным методом и отличающиеся различным сочетанием компонентов.

В состав нетканых материалов входили следующие компоненты: натуральные волокна – отходы хлопка, отходы шерсти и смешанный регенерат, полученный путём переработки текстильных отходов различного происхождения и состава, таких как хлопок, шерсть, полиэстер, вискоза, акрил и другие в неразделённом виде.

Механические свойства включают в себя комплекс показателей характеризующих отношение рассматриваемых материалов к действию внешних сил.

Исследовались физико-механические и эксплуатационные показатели нетканых материалов, для выявления влияния их структурных показателей на основные физико-механические свойства. Все образцы нетканых материалов, исследовались на предмет комплексных показателей качества, в число которых входило определение: разрывной нагрузки и удлинения при разрыве (рис. 2), воздухопроницаемости (рис. 3), поверхностной плотности, гигроскопичности (рис. 4) [9,10].

Образцы материалов испытывались в лаборатории качества текстильных изделий и материалов ТИТЛП. Размеры образцов и наименование лабораторного оборудования приведены в таблице 1. Перед испытаниями свойств тканей в лабораторных помещениях создаются нормальные атмосферные условия, относительная влажность воздуха должна составлять 60+5%, а температура –20±3°С (по ГОСТ 10681-75).

Таблица 1

Методы испытаний и размеры образцов тканей

№	Определяемый показатель качества	Наименование оборудования	Размеры или масса проб
1	Толщина, мм	Толщиномер	-
2	Разрывная нагрузка, Н разрывное удлинение, %	Autograph AG-1	50×300 мм
3	Поверхностная плотность, г/м^2	GX-400	100×100 мм
4	Воздухопроницаемость г/м^3	AP-360-SM	100×100 мм
5	Гигроскопичность, %	сушильный шкаф, весы аналитические и эксикатор	2-5 гр

Толщина исследуемых образцов нетканых материалов определялась с помощью электронного толщиномера. Среднее значение всех показаний толщины определялось с точностью до 0,01 м, и результат представляет собой среднюю толщину испытуемых образцов по 5 замерам. Толщина материалов определялась в соответствии со стандартным методом ASTM D5729 [11].

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные материалы показали достаточный уровень прочностных характеристик: разрывная нагрузка по длине составляла от 121 до 139 Н, по ширине – от 124 до 137 Н, что соответствует требованиям к элементам, подверженным регулярным нагрузкам в процессе носки обуви.

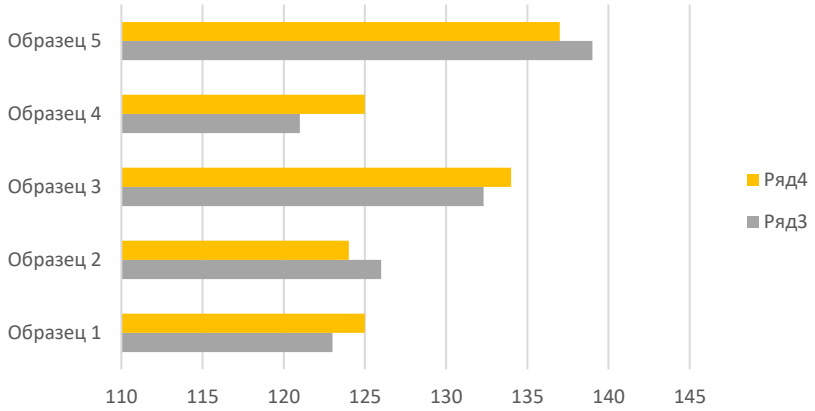


Рис. 2. Разрывная нагрузка образцов нетканых материалов, Н

Воздухопроницаемость – это способность текстильного материала пропускать через себя воздух [11]. При постоянном перепаде давления, создаваемого в приборе, воздухопроницаемость зависит от пористости, толщины материала, а также от многослойности рассматриваемого пакета материалов.

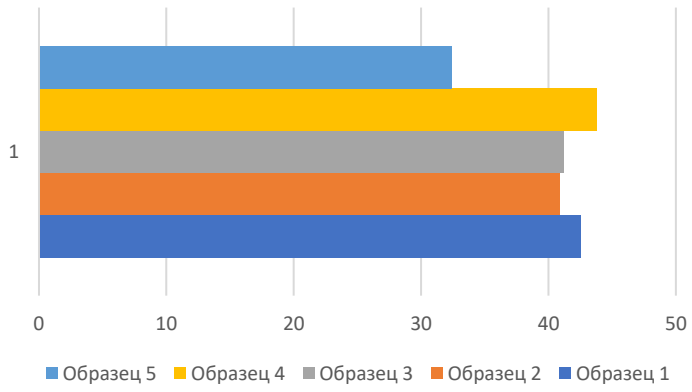
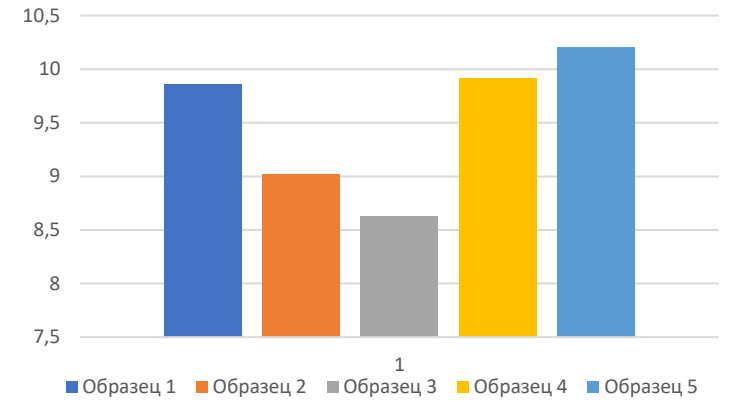


Рис.3. Воздухопроницаемость образцов нетканых материалов, см3/см2

Гигроскопичность WГ (%) определяется отношением массы воды в матери але после 4 ч нахождения в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 100%.

$$W_г = (m_э - m_c)/ m_c \cdot 100 \quad (1)$$

где: mэ – масса пробы, выдержанной в эксикаторе, г; mc – масса сухого образца, г.



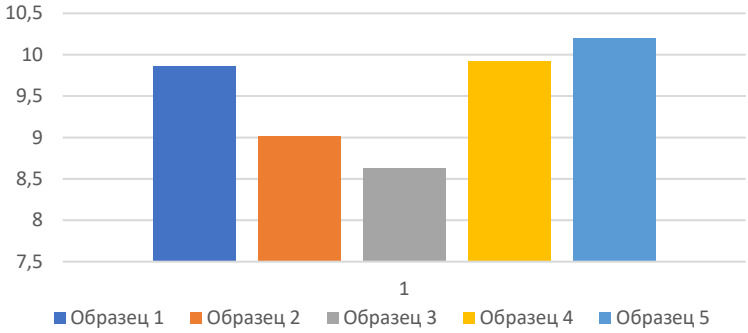


Рис.4. Гигроскопичность образцов нетканых материалов, %

Сводная таблица физико-механических свойств нетканых материалов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сводная таблица физико-механических свойств нетканых материалов

Номер образца	Толщина, мм	Поверх-ностная плотность, г/м^2	Разрывная нагрузка, Н		Воздухо пронмицаемость, см^3/см^2	Гигроско пичность %
			по длине	по ширине		
Образец 1	2,5	667,2	123	125	42,5	9,86
Образец 2	2,6	692,9	126	124	40,9	9,02
Образец 3	3,4	731,8	132,3	134	41,2	8,63
Образец 4	2,0	655,1	121	125	43,8	9,92
Образец 5	3,9	854,9	139	137	32,4	10,2

На основе комплексного исследования физико-механических свойств нетканых материалов различного волокнистого состава, изготовленных с применением смешанных регенератов, установлена возможность их использования в качестве материалов для втачной (штробельной) стельки обуви, произведённой методом строчечно-литьевого крепления. Данное направление имеет особую актуальность в контексте концепции устойчивого развития текстильной и обувной промышленности.

Воздухопроницаемость варьировалась от 32,4 до 43,8 см³/см², что свидетельствует о сохранении комфортных гигиенических условий внутри обуви. Высокий уровень гигроскопичности (8,63-10,2 %) также подтверждает

способность материалов эффективно поглощать влагу, что имеет особое значение при эксплуатации обуви в условиях интенсивной физической нагрузки.

Наибольшие показатели прочности и плотности продемонстрировал образец 5, содержащий равные доли грубой шерсти и смешанного регенерата. Это подтверждает целесообразность включения шерстяного волокна как компонента, улучшающего механическую устойчивость и гигроскопичность. В то же время образцы с преобладанием хлопковых отходов (например, образец 4) показали лучшие значения по воздухопроницаемости, что делает их предпочтительными для использования в тёплом климате или в спортивной обуви.

С точки зрения устойчивого производства особое значение имеет применение вторичного текстильного сырья, переработанного без дополнительной химической модификации. Применение смешанного регенерата – отходов хлопка, шерсти, полиэстера и других волокон – позволяет: сократить объёмы текстильных отходов; уменьшить потребление первичного сырья; снизить экологическую нагрузку от производства обуви; способствовать формированию модели замкнутого цикла в текстильной промышленности.

Заключение. Таким образом, использование нетканых материалов, полученных иглопробивным методом с применением регенерированного сырья, может быть признано эффективным как с технологической, так и с экологической точки зрения. Это подтверждает перспективность дальнейших разработок в области применения регенерата для функциональных элементов обуви, особенно в сегменте профессиональной, спортивной и повседневной обуви, где требуется баланс между износостойкостью, гигиеничностью и комфортом.

Список литературы

1. Мезенцева, Е. Нетканые материалы: прогноз для легпрома [Текст] / Е. Мезенцева, В. Иванов // Вестник текстильлегпрома. – 2020. – С. 68–73.
2. Pourmohammadi A. Nonwoven materials and joining techniques. – Joining Textiles, 2013.
3. Sakthivel S., Ezhil Anban J.J., Ramachandran T. Development of needle-punched nonwoven fabrics from reclaimed fibers for air filtration applications // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2014. – Vol. 9. – No. 1. – P. 149-154.
4. Alimkhanova S., Mirzaev N., Rafikov A. Multi-layer fibrous material based on textile waste // Chemistry and Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 2021. – No. 4. – P. 6.
5. Горчакова, В.М. Нетканые материалы: перспектива развития и подготовка кадров [Текст] / В.М. Горчакова // Нетканые материалы. – 2014. – № 1. – С. 16-17.
6. Филиппов, А.Д. Исследование механических свойств нетканых материалов различного волокнистого состава [Текст] / А.Д. Филиппов // Сб. науч. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 110-летию со дня рождения проф. А.Г. Севостьянова. Ч. 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – С. 38-41.
7. Шустов, Ю.С. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум [Текст] / Ю.С. Шустов. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 341 с.
8. Lin T.R., Lin T.A., Lin M.C., et al. Using recycled high-strength polyester and Kevlar wastes to reinforce sandwich-structured nonwoven fabric: Structural effect and property evaluation // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 267. – P. 121899.

9. Стельчные материалы: технология литья под давлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://profdela.ru/proizvodstvo-i-skladi/proizvodstvo-obubi/stelechnye-materialy/direct-injection-molded-insole/.
10. Материалы для производства обуви. Shtrobel Ibitech 057 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://santika.ru/catalog/shoes/materialy-dlya-proizvodstva-obuvi/insole-materials/shtrobel-ibitech-057/.
11. Dent D.W. The Air-Permeability of Nonwoven Fabrics // Letters to the Editor. Journal of the Textile Institute. – 1976. – Vol. 67. – No. 6. – P. 220-224.

Материал поступил в редакцию 21.06.25, принят 26.06.25.

Ф.А. Бобоев[1], М.У. Илхамова[1], Д.Т. Максудова[1], Н.У. Ибрагимова[1], З. Убайдуллаев[1]

[1]Ташкент тоқыма және жеңіл қнеркәсіп институты, Ташкент қ., Өзбекстан

ТОҚЫМА РЕГЕНЕРАТЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН ТОҚЫМА ЕМЕС МАТЕРИАЛДЫҢ СТРОБЕЛЬ АСТАРЫНА АРНАЛҒАН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада қайта өңделген талшықтар негізіндегі тоқыма емес материалды аяқ киім өнеркәсібінде Стробель (Strobel) астарын өндіру үшін қолдану мүмкіндігін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу аясында мақта қалдықтары, ірі және жартылай ірі жүн талшықтары және тоқыма регенератының әртүрлі үйлесімдерінен инемен тесу әдісі арқылы бес үлгі тоқыма емес материал дайындалды. Барлық үлгілерге механикалық қасиеттері (үзілу жүктемесі және үзілу кезіндегі ұзаруы), ауа өткізгіштігі, ылғал сіңіргіштігі және басқа да эксплуатациялық көрсеткіштері бойынша зертханалық сынақтар жүргізілді. Сынақ нәтижелері әзірленген тоқыма емес материалдардың қажетті қасиеттерге ие екенін және аяқ киімге арналған Стробель астары ретінде қолдануға жарамды екенін көрсетті. Қайта өңделген талшықтарды пайдалану тұрақты өндіріс тәжірибесін дамытуға және тоқыма қалдықтарының көлемін азайтуға ықпал етеді.

Тірек сөздер: тоқыма емес материал үлгілері, мақта қалдықтары, ірі және жартылай ірі жүн талшықтары, тоқыма регенераты, физикалық-механикалық қасиеттері, Стробель астары.

F.A. Boboev[1], M.U. Ilkhamova[1], D.T. Maksudova[1], N.U. Ibragimova[1], Z. Ubaydullaev[1]

[1]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF NONWOVEN MATERIAL CONTAINING TEXTILE REGENERATE FOR STROBEL INSOLE APPLICATION

Abstract. The article presents the results of a study on the potential application of nonwoven material based on regenerated fibers for the production of Strobel insoles in the footwear industry. Within the framework of the research, five samples of nonwoven fabric were produced by the needle-punching method using various combinations of fibers, including cotton waste, coarse and semi-coarse wool fibers, with the addition of textile regenerates. All samples underwent laboratory testing to evaluate their mechanical properties (tensile strength and elongation at break), air permeability, hygroscopicity, and other performance indicators. The test results demonstrated that the developed nonwoven materials possess the required properties and can be recommended for use as Strobel insoles in footwear products. The use of regenerated fibers contributes to the development of sustainable manufacturing practices and the reduction of textile waste volumes.

Keywords: samples of nonwoven materials, cotton waste, coarse and semi-coarse wool fibers, textile regenerate, physico-mechanical properties, Strobel insole.

References

1. Mezentseva E., Ivanov V. Netkanye materialy: prognoz dlya legproma [Nonwoven Materials: Forecast for Light Industry] // Bulletin of Textile Program. – 2020. – P. 68–73. [in Russian].
2. Pourmohammadi A. Nonwoven materials and joining techniques. – Joining Textiles, 2013.
3. Sakthivel S., Ezhil Anban J.J., Ramachandran T. Development of needle-punched nonwoven fabrics from reclaimed fibers for air filtration applications // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2014. – Vol. 9. – No. 1. – P. 149-154.
4. Alimkhanova S., Mirzaev N., Rafikov A. Multi-layer fibrous material based on textile waste // Chemistry and Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 2021. – No. 4. – P. 6.
5. Gorchakova V.M. Netkanye materialy: perspektiva razvitiya i podgotovka kadrov [Nonwoven Materials: Development Prospects and Training of Specialists] // Nonwoven materials. – 2014. – No. 1. – P. 16-17. [in Russian].
6. Filippov A.D. Issledovanie mekhanicheskikh svoystv netkanykh materialov razlichnogo voloknistogo sostava [Study of Mechanical Properties of Nonwoven Materials of Various Fiber Compositions] // Proceedings of the International Scientific Conference Dedicated to the 110th Anniversary of Prof. A.G. Sevostyanov. Part 2. – Moscow: Kosygin RSU, 2020. – P. 38-41. [in Russian].
7. Shustov Yu.S. et al. Tekstil'noe materialovedenie: laboratornyi praktikum [Textile Materials Science: Laboratory Practicum]. – Moscow: INFRA-M, 2016. – 341 p. [in Russian].
8. Lin T.R., Lin T.A., Lin M.C., et al. Using recycled high-strength polyester and Kevlar wastes to reinforce sandwich-structured nonwoven fabric: Structural effect and property evaluation // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 267. – P. 121899.
9. Insole Materials: Direct Injection Technology [Electronic resource]. – Access mode: https://profdela.ru/proizvodstvo-i-skladi/proizvodstvo-obubi/stelechnye-materialy/direct-injection-molded-insole/.[in Russian].
10. Materials for Shoe Manufacturing. Shtrobel Ibitech 057 [Electronic resource]. – Access mode: https://santika.ru/catalog/shoes/materialy-dlya-proizvodstva-obuvi/insole-materials/shtrobel-ibitech-057/.[in Russian].
11. Dent D.W. The Air-Permeability of Nonwoven Fabrics // Letters to the Editor. Journal of the Textile Institute. – 1976. – Vol. 67. – No. 6. – P. 220-224.

ҒТАМР 64.33.81

З.Д. Молдагажиева[1] – *негізгі автор,* ©
Ж.А. Каипова[2]

[1]*PhD,* [2]*Магистрант*
ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-7102-0354* [2]*https://orcid.org/0009-0000-5626-0256*
[1,2]*Алматы технологиялық университеті,*
Алматы қ., Қазақстан
@ [1]*designa1@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/MFON6679

СТЮАРДЕССАЛАРҒА АРНАЛҒАН ФОРМАЛЫҚ КИІМДЕРДІ ӨНДІРУДЕГІ ЭРГОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

Аңдатпа. Заманауи авиация индустриясында стюардессалар қызметі маңызды және ерекшеленетін бөлігі болып табылады. Олардың формалық киімдері компанияның имиджі мен брендін танытуда үлкен рөл атқарып қана қоймай сонымен қатар функционалдық және ыңғайлы болуы маңызды. Формалық киімдер стюардессалардың кәсіби бейнесін қалыптастырады, жолаушыларға сенімділік және қызмет көрсету сапасы туралы әсер қалдырады. Қазіргі таңда Қазақстан әуе-компанияларының стюардессаларға ұсынып отырған форма жиынтықтарының 90%-ы классикалық стильде және силуэттері қынамалы болып келеді. Заманауи әуе компаниялары тек классикалық стильді ғана емес, сонымен қатар кэжуал стильді де форма стиліне енгізуде. Бұл мақалада стюардессаларға арналған формалық киім үлгілерінің қазіргі жағдайы, олардың эргономикалық және функционалдық талаптарға сәйкестігі жан жақты талданады. Зерттеу барысында нарықтағы трендтер, тұтынушылардың сұранысы және эргономикалық талаптар талданды. Сонымен қатар, маркетингтік талдау әдістері, соның ішінде Гилберт А. Черчилль әдісі қолданылды. Сауалнама нәтижелері стюардессалар үшін заманауи және функционалды киім үлгілерін әзірлеудің қажеттілігін көрсетті. Костюмдік маталардың серпімділік көреткіші қозғалысты шектеу мәселесін тудыратыны анықталып, шешімі реттінде трикотаж мата негізінде жаңа униформа дизайны ұсынылды. Зерттеу барысында трикотаж матасына зертханалық сараптама жүргізіліп, физика-механикалық көрсеткіштері зерттеліп, нәтижелері арнайы хаттама ретінде рәсімделді. Ұсынылған модель заманауи стильді, ыңғайлы және эргономикалық талаптарына сай келеді.

Тірек сөздер: стюардесса формасы, маркетингтік талдау, эргономика, сән трендтері, қауіпсіздік стандарттары, тұтынушы сұранысы, классикалық стиль, функционалдылық, материал сапасы.

Молдагажиева, З.Д. Стюардессаларға арналған формалық киімдерді өндірудегі эргономикалық көрсеткіштерін зерттеу маңыздылығы [Мәтін] / З.Д. Молдагажиева, Ж.А. Каипова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.224-231. https://doi.org/10.55956/MFON6679

Кіріспе. Қазіргі танда әуе тасымалы нарығы жоғары бәсекеге қабілетті сала болып табылады. Мұнда тек ұшу қауіпсіздігі ғана емес, сонымен қатар жолаушыларға көрсетілетін қызмет сапасы да маңызды рөл атқарады. Осы

тұрғыда стюардессалар авиакомпанияның «бет-бейнесі» ретінде қабылданып, брендтің имиджі мен құндылықтарын танытатын негізгі факторлардың бірі болып саналады [1]. Сол себепті стюардессалардың формалық киімі корпоративтік стильдің және кәсіби қызметтің ажырамас бөлігіне айналады.

Жүргізілген талдау нәтижесі Қазақстандағы әуе компанияларының форманы жеке кәсіпкерлер арқылы тендерлік негізде тіктіруге жүгінетінін көрсетті [2-4]. Алайда форманы сапасы мен эргономикалық тиімділігіне әсер ететін біріңғай стандарттар мен нақты конструкциялық талаптардың болмауы униформаның сапасын төмендетеді. Қолданыстағы формалар көбінесе классикалық стильде, қынамалы силуэтпен дайындалады, бұл өз кезегінде қозғалыс еркіндігін шектеп, қызметтік тиімділікті төмендетеді.

Сондай-ақ, отандық тігін кәсіпорындарында қолданылатын маталардың көпшілігі тығыз костюмдік маталардан тұрады. Мұндай маталар жұмыс барысындағы динамикалық қозғалысты қиындатып, шынтақ, иық, бел тұстарында мыжылу, тозу секілді мәселелер тудырады. Бұған қоса, Қазақстандық нарықта эргономика және гигиена талаптарына сай келетін инновациялық маталардың ұсынысы шектеулі.

Саулнама мен маркетингтік зерттеу нәтижелері форманың қазіргі үлгілеріне қатысты нақты тұтынушылық сын-пікірлерді көрсетті. Респонденттердің 60%-дан астамы Casual стиліндегі, трикотаж мата негізіндегі форманы таңдады. Мұндай стильдегі киімдер ыңғайлы, икемді, жұмсақ, ауа өткізетін қасиетке ие және ұзақ уақыт бойы жайлылықты қамтамасыз етеді.

Осылайша, зерттеу нәтижелері стюардессалар формасын эргономикалық талаптарын ескере отырып дизайнын және матасын жаңарту қажеттілігін көрсетеді. Униформа заманауи, эргономикалық, функционалдық және эстетикалық талаптарға сай болу тиіс. Бұл өз кезегінде қызмет көрсету сапасына және авиокомпанияның имиджіне оң әсер етеді [5-9].

Бұл мақалада стюардессаларға арналған формалық киімдердің қазіргі жағдайы, олардың конструкциялық ерекшеліктері, материалдық таңдаулары және заманауи эргономикалық талаптарға сай болуы қажеттілігі туралы толық зерттеу ұсынылады. Жұмыс барысында маркетингттік сауалнама, еңбек жағдайы мен киімнің топографиялық тозуы талданып, трикотаж матасының қасиеттері зерттеліп, жаңа модель ұсынысы жасалынды.

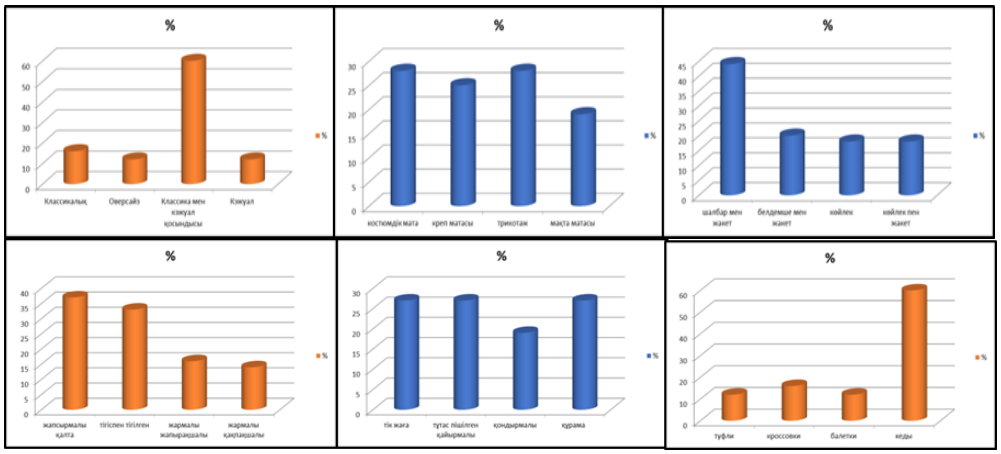
Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу барысында Гилберт А. Черчилльдің маркетингттік талдау әдісі қолданылды. Сонымен қатар, киімнің топографиялық тозуына бақылау жүргізілді. Әуекомпания стюардессаларына келесі сұрақтар қойылды.

Авиажолдама қызметкерлеріне арналған сауалнама.

Осы сауалнамадағы сұрақтарға жауап беруіңізді сұраймыз! Сіздің жауаптарыңыз стюардессаларға арналған киімге қойылатын талаптарды дұрыс тұжырымдауға көмектеседі және бұл сіздерге жұмыс кезінде ыңғайлылық пен жайлылықты қамтамасыз етеді. Бір немесе бірнеше сәйкес сұрақтарға жауап беріңіз (1-сурет).

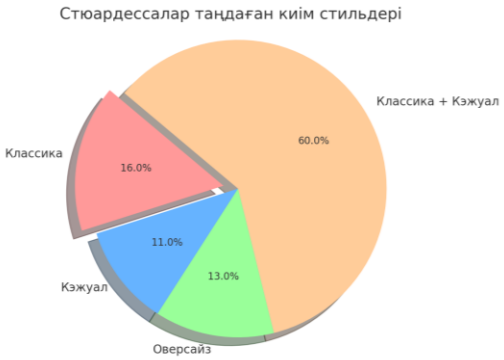
1. Еңбек әрекет кезінде киуге қандай киім ассортиментің ең қолайлы деп саңайсыз?
2. Қазіргі формалардың сапасы қанағаттанарлық па?
3. Қаншалықты форма денедегі ауаны шығара алады?
4. Қаншалықты тез тозады?
5. Қолтық ойындысы мен шынтақта қосымша жастықшалар қажетпа?
6. Матаның қандай арнайы қасиеттерін қалайсыздар?

7. Жаңа формаға ұсынысыңыз бар ма?
8. Қолданыстағы форма ыңғайсыздықтары бар ма?
9. Қозғалыс кезінде еркіндікті қамтамасыз ете ма?



Сурет 1. Сауалнаманың нәтижесі

Бұл сауалнама негізінде ең маңызды сұрақтың жауабы ретінде стюардессаларға арналған киім стильдерін көрсетуге болады (2-сурет)



Сурет 2. Стаюардессалар таңдаған киім стильдері

Сауалнаманың нәтижесі бойынша, қазіргі таңда әуе жолында қызмет көрсететін стюардессалар 16%-ы классикалық стильдегі киім үлгісін, 11%-ы кэжуалды, оверсайс стильдегі 13%-ы таңдады. Ал классикамен кэжуал қосындысын 60%-ы таңдады. Стюардессалар, артық айтпағанда, әуе компаниясының бет-бейнесі. Сондықтан олардың формасына ерекше көңіл бөлінеді. Кейбір копаниялар классиканы жақсы көреді, қынамалы және жартылай қынамалы силуэттегі жакеттер мен көйлектер, қарындаш силуэтті юбкалар және тұрақты каблук бар аяқ киімді. Алайда стюардессалардың формасын түпнұсқа немесе ұлттық нақышта (кейде екеуі бір мезгілде) жасауға тырысатындар да бар. Бірақ соңғы кездері униформалар заманауи, жаңаша түрде ұсынылып жатыр. Яғни, кейбір компаниялар қызметкерлері ескірген қынамалы силуэтті юбка мен биік өкшелі аяқ киімдердің орнына шалбар киіп, кроссовкамен жүреді. Компаниялар стюардессалардың эргономикалық талаптарын ескере отырып, форманы ыңғайлы етіп ұсынуда.

Сауалнама нәтижесінде стюардессалардың 60%-ы кэжуал стильдегі киімді таңдаған. Себебі, жұмыс барысында қозғалыс көп болғандықтан, классикалық костюмдік маталар қолайсыздық тудырады, жең, бел және қолтық ойындысы тұсында тежеулер байқалады. Респонденттер киімнің шынтақ бүгілу аймағында және басқа да буын айналасында қатты бүктемелер мен мыжылулар пайда болатынын атап өтті. Бұл жағдайлар жұмыс процессінде еркін қозғалуға кедергі келтіріп, жалпы жайлылық деңгейін төмендетеді.

Стюардессалардың еңбек жағдайында физикалық қозғалыстар түрін талдай отырып антропометриялық кемшіліктері анықталды (1-кесте).

Кесте 1.
Стюардессалардың еңбек жағдайында физикалық қозғалыстар түрін талдай отырып костюмдік матаның кемшіліктерін көрсету

Сурет	Кемшілік
	а – Модельде 1 және 2 суреттегі жакеттің бел тұсында және қолтық ойындысында матаның көп қыртыстанғанын көрсетілген
	ә – Модельде 3 және 4 суреттегі жакеттің артқы бел тұсында және жауырын тұсында қыртыстанып матаның созылу қасиетінің аз екендігі көрсетілген
	б – Модельде 5 және 6 суреттегі жакеттің жан тігісі мен жең тігісінің қолтық ойындысына қосылған тұсында тежеу бар екені көрсетілген
	в – Модельде 7 және 8 суреттердегі белдемшелердің алдыңғы бойында қыртыстануы көрсетілген және тізе тұсында қимылды тежейтіні көрсетілген

Стюардессалардың еңбек жағдайында физикалық қозғалыстар түрін талдай отырып классикалық костюмдік маталардың тығыз құрылымы мен серпімділігінің төмендігі стюардессалардың кәсіби міндеттерін орындауда қиындық тудыратындығы анықталды [10,11]. Бұл мәселені шешу мақсатында зерттеу авторы форманы тігу үшін трикотаж матасының құрылымын зерттей отырып, нәтижесінде оңтайлы мата ретінде ұсынды.

Трикотаж материалының серпімділігі мен жұмсақтығы қозғалыс еркіндігін қамтамасыз етіп, ұзақ уақыттық жұмыс барысында жайлылықты арттырады. Сонымен қатар, бұл мата сыртқы келбетін ұзақ сақтап, мыжылуға бейім емес.

Зерттеу аясында екі түрлі трикотаж матасына Трикотаж Джерси (арт. АЛ244) және Трикотаж Джессика (арт. 1276 т. ЦА2542) зертханалық сараптама жүргізіліп, нәтижелері арнайы хаттама ретінде рәсімделді. Талдау «ТЕКС» компаниясының зертханалық базасында жүзеге асырылды (2-кесте).

Зерттеу барысында трикотаж маталарының құрамындағы жіптердің құрылымы, оның ішінде вискоза, полэстер талшықтарының пайыздық мөлшері, тоқу тығыздығы және ауа өткізгіштік қасиеттері анықталды және жоғары көрсеткішті Трикотаж Джерси (арт. АЛ244) матасы көрсетті. Нәтижесінде Трикотаж Джерси (арт. АЛ244) матаның ауа өткігіштігі, тозуға төзімділігі, серпімділігі және гигиеналық тиімділігі жоғары екені дәлелденді.

Кесте 2

Талдау «ТЕКС» компаниясының зертханалық базасында жасалған физика-механикалық көрсеткіштері мен талдауы. Матаның артикулы Трикотаж Джерси (арт. АЛ244)

№	Көрсеткіш атауы	Норматив (Құжат)	Норма	Нәтиже	Баға
1	Ауа өткізгіштігі, дм³/м²/с	ТР ТС 017/2011	≥ 60	140,46	Жоғары ауа өткізгіштік
2	Жоғарғы бетінің тығыздығы, г/м²	ГОСТ 3811-72	Арнайы норма жоқ	403	Қалың трикотаж
3	Жыртылу жүктемесі, Н	ГОСТ 8847-85	≥ 80	277	Жоғары беріктік
4	Төменгі бетінің тығыздығы, г/м²	ГОСТ 8845-87	Арнайы норма жоқ	170	Екі жақты құрылым
5	Тозуға төзімділік, цикл	ГОСТ 12739-85	61–120	85	Орташа тозуға төзімділік

Осылайша, Трикотаж Джерси (арт. АЛ244) материалы заманауи стюардессалар формасына арналған ең тиімді шешім ретінде ұсынылды, себебі ол эргономикалық, эстетикалық және ұзақ мерзімді талаптарға толық сәйкес келеді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу нәтижесінде стюардессаларға арналған униформаның жаңартылған үлгісі ұсынылды. Жұмыс барысында анықталған негізгі мәселе – костюмдік маталардың қозғалысты шектеуі және қолайсыздық тудыруы болды. Осыған байланысты, зерттеуші стюардессалар формасының материалы ретінде трикотаж матасын таңдады. Бұл мата серпімділігімен, ауа өткізгіштігімен және мыжылуға

төзімділігімен ерекшеленеді, сондықтан ол белсенді қозғалысты талап ететін әуе қызметкерлерінің жұмыс шарттарына толық сай келеді.

Жүргізілген талдау негізінде жаңа дизайн эскизі дайындалып, ол мақалада ұсынылды (3-сурет). Жаңа үлгіде кэжуал және классикалық стиль элементтері үйлестірілген. Дизайнында бел сызығын реттеуге мүмкіндік беретін кулистка, қозғалысқа кедергі келтірмейтін кеңейтілген силуэт, функционалды қалталар және әртүрлі климаттық жағдайларға қолайлы жең үлгісі қарастырылды.

Сурет 2. Ұсынылған жаңа дизайн үлгісі

Ұсынылған форма дизайны эстетикалық тартымдылықпен қатар, кәсіби талаптарға және эргономикалық стандарттарға сәйкес келеді. Осылайша, бұл дизайн стюардессалар үшін заманауи, ыңғайлы әрі имидждік киім үлгісін қалыптастыруға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде стюардессалар формасына қойылатын заманауи талаптар кешенді түрде қарастырылып, негізгі мәселелер айқындалды. Қызмет барысында қозғалыстын шектелуі мен киімнің эргономикалық сәйкессіздігі – формалық киім сапасының негізгі проблемалары ретінде танылды.

Костюмдік маталардың қолайсыздығы, олардың буын аймақтарында жиі мыжылып, форманың сыртқы көрінісіне және жұмыс тиімділігіне кері әсер етуі зерттеу барысында дәлелденді. Осы мәселелерді шешу мақсатында трикотаж матасы негізінде жетілдірілген форма дизайны ұсынылды. Жаңа модель стюардессалар жұмысының ерекшеліктерін ескере отырып, қозғалыс еркіндігін, ұзақ уақыттық жайлылық және кәсіби имиджді үйлестіретін дизайнмен сипатталады. Эскиздік нұсқада кеңейтілген силуэт, практикалық элементтер және икемді конструкциялық шешімдер көрініс тапты.

Бұл жұмыс отандық тігін өндірісі және әуе компанияларына заманауи талаптарға сай униформа дайындауда ғылыми және практикалық элементтер

негіз бола алады. Ұсынылған шешімдер стюардессалар үшін жұмыс процесін барынша тиімді әрі жайлы етуге бағытталған.

Әдебиеттер тізімі

1. Десять малоизвестных фактов о современной униформе бортпроводников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://premiumtravel.kz/content/desyat-maloizvestnyh-faktov-o-sovremennoy-uniforme-bortprovodnikov.
2. Bespokela. Униформа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bespokela.kz/uniform.
3. Орленко, Л.В. Конфекционирование материалов для одежды [Текст]: учебное пособие / Л.В. Орленко, Н.И. Гаврилова. – М.: Форум, 2016. – 134 с.
4. Азгальдов, Г.Г. Количественная оценка качества (Квалиметрия) [Текст]: библиография / Г.Г. Азгальдов, Л.А. Азгальдова. – [?].
5. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 2018.
6. Кирюхин, С.М. Контроль и управление качеством текстильных материалов [Текст] / С.М. Кирюхин, А.Н. Соловьев. – М.: Легкая индустрия, 2014. – 312 с.
7. Как менялась форма стюардесс с 1930-х до 2021 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kz.kursiv.media/2021-08-15/kak-menyalas-forma-styuardess-s-1930-kh-do-2021goda/.
8. Ткани для форменной одежды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spectkan.by/tkani-dlja-formenoi-odezhdy.html.
9. 5 модных брендов, разработавших форму для авиакомпаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vogue.ua/ru/article/fashion/brend/5-modnyh-brendov-razrabotavshih-form-dlyaaviakompaniy-45346.html.
10. О форме бортпроводников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/@rossiya_airlines-o-forme-bortprovodnikov.
11. Лебедев, В.В. Пути развития текстильной и легкой промышленности [Текст] / В.В. Лебедев, Л.Н. Фомченкова, И.А. Шамис // [?]. – 2014.

Материал редакцияға 17.04.25 түсті, 06.06.25 қабылданды.

З.Д. Молдагажиева[1], Ж.А. Каипова[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ МАРКЕТИНГОВОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УНИФОРМЫ ДЛЯ СТЮАРДЕСС

Аннотация. В современной авиационной отрасли бортпроводники играют важную и выдающуюся роль. Их униформа не только функциональна, но и играет большую роль в продвижении имиджа и бренда компании. Униформа создает профессиональный имидж бортпроводников, создавая у пассажиров впечатление надежности и качества обслуживания. В статье проводится комплексный анализ текущего состояния форменной одежды для стюардесс с точки зрения эргономики и функциональности. В ходе исследования был проведен опрос, выявлены основные проблемы действующих модели в том числе ограничение подвижности костюмных тканей. В качестве решения предложен новый эскиз униформы на основе трикотажного материала, обесчещивающего комфорт и свободу движений. Представленная модель сочетает современный стиль, удобство и профессиональные требования.

Ключевые слова: форма стюардесс, маркетинговый анализ, эргономика, модные тенденции, стандарты безопасности, потребительский спрос, классический стиль, функциональность, качество материалов.

Z.D. Moldagazhieva[1], Zh.A. Kaipova[1]

[1]*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

RESEARCH AND IMPORTANCE OF MARKETING ANALYSIS IN PRODUCTION OF UNIFORMS FOR STEWARDESSES

Abstract. In aviation industry, flight attendants play an important and prominent role. Their uniform is not only functional, but also plays a major role in promoting the company's image and brand. The uniform creates a professional image of flight attendants, giving passengers the impression of reliability and quality service. Thus, marketing analysis in the production of flight attendant uniforms is not only an assessment of the design and quality of the product, but also a comprehensive process based on the study of market needs, trends and competitive conditions. This study examines the importance of marketing analysis in the production of uniforms for flight attendants. Modern airlines are seeking not only classic styles but also clothing models that meet comfort and ergonomic requirements. The research analyzed market trends, consumer demands, and safety standards. Additionally, marketing analysis methods, including the Gilbert A. Churchill approach, were applied. Survey results highlighted the need to develop modern and functional uniform designs for flight attendants.

Keywords: flight attendant uniform, marketing analysis, ergonomics, fashion trends, safety standards, consumer demand, classic style, functionality, material quality.

References

1. Ten Little-Known Facts About Modern Flight Attendant Uniforms [Electronic resource]. – Access mode: https://premiumtravel.kz/content/desyat-maloizvestnyh-faktov-o-sovremennoy-uniforme-bortprovodnikov. [in Russian].
2. Bespokela. Uniform [Electronic resource]. – Access mode: https://bespokela.kz/uniform. [in Russian].
3. Orlenko L.V., Gavrilova N.I. Konfektsionirovanie materialov dlya odezhdy [Garment Material Processing]: textbook. – Moscow: Forum, 2016. – 134 p. [in Russian].
4. Azgaldov G.G., Azgaldova L.A. Kolichestvennaya otsenka kachestva (Kvalimetriya) [Quantitative Quality Assessment (Qualimetry)]: bibliografiya Азгальдов, Г.Г. Количественная оценка качества (Квалиметрия) bibliography. – [?].[in Russian].
5. Azgaldov G. G. Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Theory and Practice of Product Quality Assessment (Fundamentals of Qualimetry)]. – Moscow: Economy, 2018. [in Russian].
6. Kiryukhin S. M., Solovyev A. N. Kontrol' i upravlenie kachestvom tekstil'nykh materialov [Quality Control and Management of Textile Materials]. – Moscow: Light Industry, 2014. – 312 c. [in Russian].
7. How Flight Attendants' Uniforms Have Changed from the 1930s to 2021 [Electronic resource]. – Access mode: https://kz.kursiv.media/2021-08-15/kak-menyalas-forma-styuardess-s-1930-kh-do-2021goda/.[in Russian].
8. Fabrics for Uniform Clothing [Electronic resource]. – Access mode: https://spectkan.by/tkani-dlja-formenoi-odezhdy.html. [in Russian].
9. 5 Fashion Brands That Designed Uniforms for Airlines [Electronic resource]. – Access mode: https://vogue.ua/ru/article/fashion/brend/5-modnyh-brendov-razrabotavshih-form-dlyaaviakompaniy-45346.html. [in Russian].
10. About the Flight Attendant Uniform [Electronic resource]. – Access mode: https://vk.com/@rossiya_airlines-o-forme-bortprovodnikov. [in Russian].
11. Lebedev V. V., Fomchenkova L. N., Shamis I. A. Puti razvitiya tekstil'noy i legkoy promyshlennosti [Development Paths of Textile and Light Industry] // [?]. – 2014. [in Russian].

ҒТАМР 64.29.81

Р.Т. Қауымбаев[1] – *негізгі автор*, ©
М.Ш. Шардарбек[2]

[1]*PhD*, [2]*Техн. ғылым. канд., доцент*
ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-4266-342X* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9787-5684*
[1,2]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*
Тараз қ., Қазақстан
@ [1]*nako02@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/DVFC6420

ТЕКСТИЛЬ МАТАЛАРЫНЫҢ АУА ӨТКІЗГІШТІК ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мақалада заманауи талаптарға сәйкес болу мақсатында шығарылатын текстильдік материалдарыдың табиғи қасиеттерінің сақталуы, соның ішінде ауа өткізгіштік көрсеткіштерін зерттеу сұрақтары қарастырылған. Талшықтық құрамы табиғи және синтетикалық болып келетін текстильдік маталарға арналған нормативтік-техникалық құжаттамаларда белгіленген талаптар бойынша, әртүрлі өндірістен шығарылған текстиль маталарының ауа өткізгіштік қасиеттерін зерттеу мақсатында сынақ тәжірибесі жүргізілген. Жұмыста талшықты құрамдары әртүрлі болып келетін текстиль талшықтарының түрлерінен араластырылып тоқылған, қазіргі таңда жаңа технологияларға сәйкес дайындалған жүн және жартыфлай жүн талшықты маталар ассортименті қарастырылған, таңдап алынған маталар ассортимен-тіне қойылатын нормативтік-техникалық құжаттамалардың қатаң талаптары ескерілген, соған сәйкес маталардың ауаөткізгіштік көрсеткіштерін анықтау сынағы орындалған. Текстиль маталарының ауа өткізу қабілеті сияқты маңызды көрсеткіштері үшін, жұмыста осы салада кең қолданыстағы сынақ, бақылау және өлшеу құралдары мен әдістеріне талдау жүргізілген. Жұмыста текстиль маталарының, соның ішінде аралас жүн талшықты маталардың ауаөткізгіштік көрсеткіштерін өлшеу нәтижесінде алынған көрсеткіштерді бағалау арқылы сараптау жұмысы орындалған.

Тірек сөздер: текстиль матасы, талшықты құрам, сынақ эксперименті, сынақ хаттамасы, сапа, ауа өткізгіштік қасиет, нормативтік-техникалық құжаттама.

Қауымбаев, Р.Т. Текстиль маталарының ауа өткізгіштік қасиеттерін анықтау [Мәтін] / Р.Т. Қауымбаев, М.Ш. Шардарбек //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.232-239. https://doi.org/10.55956/DVFC6420

Кіріспе. Еліміздің Дүниежүзілік сауда ұйымына мүшелікке өтуі, сондай-ақ «Техникалық реттеу туралы» және «Стандарттау туралы» Қазақстан Республикасы заңдарында бекітілген талаптардың толықтай орындалуы, елімізде шығарылатын текстиль өнімдерінің бәсекелесу мүмкіндігін қамтамасыздандыру жолындағы өзекті міндеттердің бірі болып табылады. Өнімдердің бәсекелесу мүмкіндігін қамтамасыздандыру мәселесі комплексті сипатта болады, сонымен қатар бірқатар ұйымдастырушылық, техникалық және әдістемелік тұрғыдағы сұрақтардың дұрыс шешілуін талап етеді.

Қазіргі уақытта жеңіл өнеркәсіп кәсіпорындарын қолдау – өнімді сыртқы нарыққа шығару, еңбек өнімділігін арттыруды ынталандыру, өнімдерді ішкі нарықта ілгерілету, бизнесті қолдау мен дамытудың «Бизнестің жол картасы» сияқты бірыңғай бағдарламасын іске асыру және т.б. өңдеу өнеркәсібіне бағытталған жүйелі шаралар шеңберінде көрсетіледі [1].

Талапқа сай, текстиль материалдарының сапалық қасиеттерін арттыру жұмыстарын орындау кезіндегі маңыздылығы жоғары болып табылатын элементтер қатарына өндірістен шыққан өнімдерге сертификаттау сынақтарын жүргізу табылады. Сертификаттау сынағы текстильдік өнімдердің сапалық қасиеттерінің стандартта көрсетілген талаптарға сәйкес келуін анықтау мақсатында орындалады.

Өнімді тұтынушы текстиль маталарының сапалық қасиеттері және сипаттамалары туралы дұрыс әрі қанық ақпараттар алуға тиіс. Осы мақсатта текстиль маталарының сапалық көрсеткіштері туралы ақпарат дұрыс әрі нақты болуы үшін, сертификаттау сынақтары қазіргі заманға сай келетін құрал-жабдықтары бар заманауи сынақ орталықтарында немесе сынақ зертханаларда жүргізілуі тиіс. Еліміздегі үлкенді-кішілі текстильдік өндіріс орындарының заманауи сынақ жабдықтарымен қамтамасыздандырылу деңгейі сын көтермейтін жағдайда тұр. Текстиль саласына қажет жабдықтар шығаратын өндіріс орындары іс жүзінде тоқтап қалған, ал сырттан келетін құрал-жабдықтар құны кәсіпорындар үшін қымбат әрі тиімсіз. Сондықтан, бұл мәселені өндіріс орындарының өз бетінше шешуі мүмкін емес, яғни мемлекеттік тұрғыдан берілетін көмек және салынатын инвестиция болмаса мәселені шешу қиынға соғады. Сондай-ақ, бұндай мәселені дұрыс шешу өнім өндірушілер, оны тұтынушылар, сонымен қатар сондай мәселені зерттейтін ғылыми-зерттеу орталықтары арасында өзаратиімді қатынас орнатылған жағдайда ғана мүмкін болады.

Талшықтық құрамына табиғи жүн және химиялық талшық түрлері кіретін текстиль маталарының стандарт талаптарына сәйкестіліктерін анықтау үшін жүргізілген сынақ нәтижесінде маталардың сапалық қасиеттері анықталады. Сертификаттау сынағын жүргізу нәтижесінде аралас жартылай жүн талшықты текстиль маталарының ауаөткізгіштік қасиеттерін зерттеу сынағы орындалды. Сертификаттау сынағын жүргізу үшін, алдымен аралас талшықты жартылай жүн матасының 5 түрлі сынамалық үлгілері таңдалып іріктелді, таңдап алынған маталар сынамасының ауаны өткізу қасиеттерін анықтайтын зерттеу сынақтары жүргізілді.

Текстиль маталарының ауаөткізгіштік қасиеттерін анықтау үшін жүргізілген сертификаттау сынағының нәтижесі қолданыстағы стандартта келтірілген талаптарға сәйкес келеді [2].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысының мақсаты – талшықтық құрамы таза және жартылай жүн талшықты аралас маталардың физикалық қасиеттерін, соның ішінде ауаөткізгіштік көрсеткіштерін анықтау нәтижесінде қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттар талаптарына сәйкес, зерттеу сынағын жүргізу.

Зерттеу жұмысының міндеттері – таза және жартылай жүн талшықты текстиль маталарының ауаөткізгіштік қасиеттеріне қолданыстағы стандарт талаптарына сәйкес зерттеу сынағын жүргізу.

Зерттеу нысаны: таза және жартылай жүн талшықты текстиль маталарының физикалық қасиеттері.

Зерттеуді мақсатына сәйкес, сынақ кезінде талшықтық құрамдары әртүрлі талшықты текстильдік маталардың сынамалық үлгілері алынды. Сол үлгілердің ауаөткізгіштік көрсеткіштеріне «Текстиль, материалтану және стандартизация» кафедрасына қарайтын «Сынау, бақылау және өнімдер қауіпсіздігі» лабораториясының базасында зерттеу жұмыстары жүргізілді. ГОСТ 12088-77 «Текстиль материалдары және олардан жасалған бұйымдар. Ауаөткізгіштікті анықтау әдісі» стандартының талаптарына сәйкес зерттеу сынағы жүргізілді. Текстиль маталарының ауаны өткізу қасиеті дайындап алынған сынамада жүргізілді, яғни диагональ бойынша сынаманың он түрлі жерінен анықталды. Сынаққа түскен матаның әрбір үлгісі үшін, сынақтар шахмат тәртібімен әрбір іріктелген нүктелік сынаманың бес жерінен жүргізіледі [2].

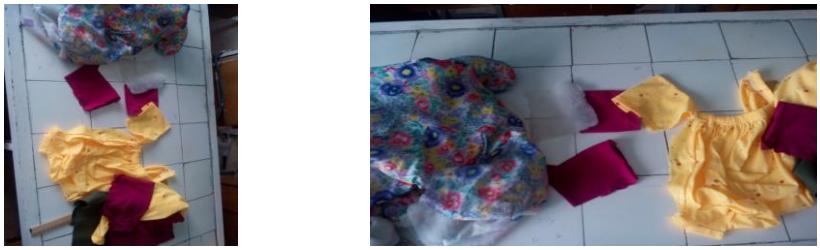
Текстиль материалдарын шығарумен айналысатын кәсіпорындардың ассортименттерінің түрлері әртүрлі, соған сәйкес оларды қолдану бағыттары да әртүрлі, бұл ең алдымен текстиль маталарының талшықты құрамдарының әртүрлі талшықтардың түрлерінен (табиғи, жасанды, синтетикалық) тоқылуына байланысты болып келеді. Сондықтан, бұл жұмыста құрамдары жүн талшықты аралас текстиль маталарының гигроскопиялық қасиеттерін зерттеу мақсатында сертификациялық сынақ орындалды. Бұл сынаққа жоғарыда келтірілген талаптарға сай келетін текстильдік маталардың 5 түрінен сынамалық үлгілер таңдап алынды, алынған текстиль маталарының сынамалық үлгілеріне сәйкесінше тиісті нөмірлер қойылды. Сынамалық үлгілерді алу, оларды сынаққа дайындау және оны жүргізу ГОСТ 12088-77 «Текстиль материалдары және олардан жасалған бұйымдар. Ауаөткізгіштікті анықтау әдісі» стандартының талаптарына сәйкес орындалды [2].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жұмыста сынамалық үлгілер ретінде жүн талшықта аралас маталардың үлгілері таңдап алынды, сол сынамалық мата үлгілерінің ауаны өткізу қабілеттерін анықтау мақсатында зерттеу сынағы жүргізілді, сынақ «Текстиль, материалтану және стандартизация» кафедрасына қарасты «Өнімдерді сынау, бақылау және қауіпсіздігі» лабораториясының жағдайында орындалды, жұмыс екі бағытта, яғни біріншіден, қазіргі таңда кеңінен шығарылатын текстиль маталарынан таңдап алынған сынама үлгілерінің ауаөткізгіштік қабілетін зерттеу және оны бағалау болса; екіншіден маталардың талшықты құрамына кіретін химиялық тәсілдер қолдану арқылы синтетикалық немесе жасанды жолдармен алынатын талшықтар үлестерін арттыру нәтижесінде, құрамдары таза және аралас қоспалы болып келетін маталар негізіндегі заманауи маталарды зерттеу және бағалау.

Зерттеу нысаны ретінде бірнеше текстиль кәсіпорындары өндірген, талшықты құрамдары әртүрлі маталардың 5 түрінен әзірленген 50 үлгі алынды, олардың әрқайсысы жекелеген нөмірмен белгіленді. Сынамалық үлгілер талшықты құрамдары бойынша таза жүн талшықты, екі компонентті және үш компонентті болып келеді. Үлгілік сынамалар өлшемдері 110×110мм болатындай дайын текстиль бұйымдарынан кесіліп алынды (1-сурет).

Орындалған зерттеу сынағының нәтижесінде алынған сынамалық мата үлгілерінің ауаны өткізу көрсеткіштерінің ең жоғарғы және ең төменгі мәндері келесі кестеде көрсетілген (1-кесте).

Сынақты орындау кезіндегі алынған өлшеу нәтижелерінің көрсеткіштері 0,1 дм^3/м^2 дейінгі қателікпен есептелді және 1 дм^3/м^{2}с дейін жинақталды [3].



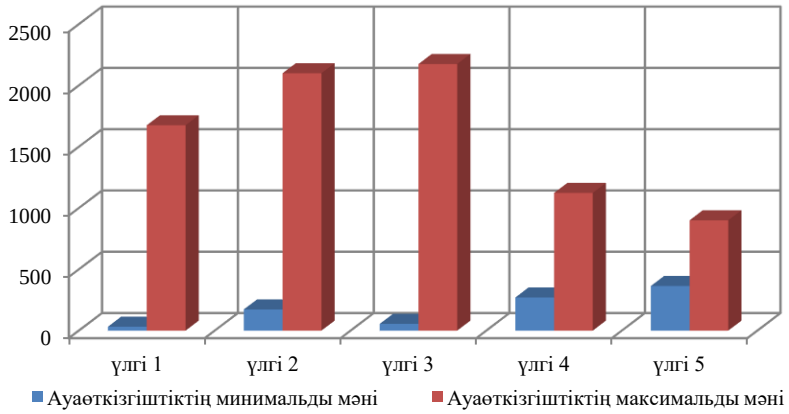
Сурет 1. Маталардың ауаөткізгіштігін анықтауға үлгілер дайындау

Сурет 2. №1, №3, №5 үлгілердің ауаөткізгіштік көрсеткіштерін өлшеу

Кесте 1

Текстильдік маталардың ауа-өткізгіштік көрсеткіштері

Үлгілер құрамы	Ауаөткізгіштіктің минимальды мәні, дм^3/м^{2}с	Ауаөткізгіштіктің максимальды мәні, дм^3/м^{2}с
Жүн 100%	32	1675
Жүн 70% Полиамид 30%	173	2100
Жүн 50% Полиэфир 50%	55	2175
Жүн 80% Эластан 20%	270	1123
Жүн 80% Полиамид 17,5% Эластан 2,5 %	364	900



Сурет 3. Ауа өткізгіштікті өлшеу нәтижелері

Сынақ нәтижесінен көріп тұрғандай, алынған 5 түрлі текстиль кездемелерінің әрқайсысының да ауаны өткізу көрсеткіштері бірдей болған, сонымен қатар мәндері әртүрлі нәтижелер көрсеткен матаның үлгілері де болды, олардың нәтижелері кең диапазонды көрсеткіштер көрсетті, яғни өте жоғары диапазон – 2100 дм^3/м^{2}с көрсеткішінен, ал өте төменгі нәтижелері – 32 дм^3/м^{2}с көрсеткішінен тұрады.

Сынақтың нәтижесінде текстильдік кездемелердің ауаны өткізу көрсеткіштеріне жүргізілген салыстырмалы талдау маталардың барлық топтарында, соның ішінде таза және жартылай жүн талшықты текстильдік кездемелердің арасындағы ауаөткізгіштік көрсеткіштер диапазонының айтарлықтай кеңейгенін көрсетті. Мысалы, №1-ші сынамалық үлгінің ауаны өткізу көрсеткішінің ауқымы 32 дм^3/м^{2}с – 1675 дм^3/м^{2}с арасында болса, №3-ші сынамалық үлгінің ауа өткізу көрсеткіші 55 дм^3/м^{2}с – 2175 дм^3/м^{2}с аралығында, ал №5-ші сынамалық үлгі 364 дм^3/м^{2}с – 2175 дм^3/м^{2}с аралығындағы диапазонды құраған.

Сынақ кезінде алынған нәтижелері ең төмен болған мата үлгілеріне келетін болсақ, онда нөмірлері №1-ші және №3-ші сынамалық мата үлгілері көрсеткен ауа өткізу көрсеткіштерінің нәтижелері Кеден одағының техникалық регламенті КО ТР 018 «Жеңіл өнеркәсіп өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» бекіткен талаптарға сәйкес келмейді, өйткені бұл сынама үлгілері көрсеткен ауаны өткізу көрсеткіштерінің нәтижелері 70 дм^3/м^{2}с төменгі аралықта болған [4].

Әлемдік тәжірибені талдайтын болсақ, қазіргі уақытта текстильдік материалдардың бойларындағы талшықтардың кеңістіктегі қатынастарын өзгерту арқылы кез-келген текстиль немесе трикотаж материалдарының ауаны өткізу көрсеткіштерін арттыруға немесе оны төмендетуге бағыттылған көптеген әдістер мен тәсілдер кездесетіндігін байқауға болады. Құрамындағы талшықтарының түрлері бірдей, тек олардың үлестерін өзгерту арқылы, ауаны өткізу көрсеткіштері әртүрлі болатын текстиль материалдарын және бұйымдарын түрлі мақсаттарда пайдалануға болады, бұл деген ауаны өткізу көрсеткіштері төмен болып келетін материалдар мен бұйымдарды – желдің өтінен қорғау мақсатында, сондай-ақ ауаны өткізу көрсеткіштері жоғары болып келетін материалдар мен бұйымдарды – ішкі кеңістіктің желдетілуін арттыру мақсатында қолдануға болады.

Талшықты құрамында химиялық жолмен алынған жасанды немесе синтетикалық талшықтардың үлестерін арттыру арқылы, табиғи талшықтардың үлестерін кеміту нәтижесі материалдың су сіңіру тепе-теңдігінің бұзылуына әкеледі, ал бұл өз кезегінде материалдың ауа-өткізгіштік көрсеткішін төмендетеді [5].

Сынақ жұмысында текстильдік маталардың таңдап алынған сынамалық үлгілерінің ауаны өткізу мүмкіндіктерін анықтау мақсатында бірнеше тәжірибелік бағыттағы сынақтар жүргізілді. Сынаққа түскен маталардың бір-бірінен тек бір ғана айырмашылығы болды, ол олардың талшықтық құрамындағы химиялық жолмен алынған талшықтардың пайыздық үлестерінің әртүрлі болуымен ерекшеленді. Сынақ нәтижесінде алынған көрсеткіштерді төменнен көруге болады (2-кесте).

Кесте 2

Құрамындағы талшықтар үлесі әртүрлі маталар үлгілерінің ауаны өткізу көрсеткіштері.

Үлгілердің құрамы	Ауаөткізгіштік, дм^3/м^{2}с
Жүн 100%	639
Жүн 80% Полиамид 17,5% Эластан 2,5 %	630

Сынақ кезінде жүргізілген тәжірибе нәтижесіне сәйкес, маталар үлгілерінің талшықты құрамдарындағы талшықтардың (табиғи, химиялық) үлесі олардың ауаны өткізу мүмкіндіктеріне айтарлықтай әсер етпейтіндігін көрсетеді. Орындалған тәжірибелік сынақта мата үлгілерінің ауаны өткізу көрсеткіштері негізінен мата бойындағы жіптерінің қалыңдығы мен матаның тоқылу түріне байланысты болды.

Құрамы аралас талшықты (жүн, химиялық) текстиль маталарының ауаны өткізу көрсеткіштері зерттелген тәжірибелік сынақтың нәтижесі мынаны көрсетті:

– құрамына химиялық жолмен алынған талшықтар да кіретін, қазіргі кезде кеңінен пайдаланылатын текстильдік маталардың ауаны өткізу мүмкіндіктері бойынша құрамы табиғи талшықты таза текстильдік маталардан кем түспейді, кейбір жағдайларда асып та түседі;

– маталар бойындағы табиғи және химиялық талшықтардың үлестік қатынастарын өзгерту, олардың ауа-өткізгіштік қасиеттеріне аса бір әсерін тигізбейді.

Қорытынды. Талшықты құрамдарына негізінен табиғи және химиялық талшықтардың түрлері кіретін, текстиль маталарына қойылатын нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына толықтай сәйкес келетін, соның нәтижесінде қазіргі таңда кеңінен қолданылатын текстиль маталарының, соның ішінде осы жұмыста таңдап алынған аралас жүн талшықты маталардың, сертификаттау сынағының талаптарына сай келетін сапалық көрсеткіштерін анықтау үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдерін жетілдіру мақсатындағы белгілі теориялық, сонымен қатар эксперименттік зерттеулердің нәтижелері, текстиль маталарының физикалық және механикалық қасиеттерін анықтау, оны зерттеу және сараптау жолдарын әдістемелік тұрғыдан жақсарту үшін, текстильдік кәсіпорындар шығаратын материалдар мен дайын өнімдердің сапалық тұрғыдан қасиеттерін бағалау, сондай-ақ сапа көрсеткіштерін анықтау мақсатында сынақ лабораториялары мен сәйкес саланың өндірістік орындары үшін пайдалы әрі тиімді болып есептелетін бірқатар қажетті деген ұсыныстар құрастыру, соған сәйкес нәтижесі дұрыс қорытынды жасау үшін оң жағдай тудырады.

Бұл жұмыста, осы салаға қатысты бүкіл әлемдік тәжірибе көзқарасынан алғанда, текстиль материалдарының, соның ішінде талшықтық құрамдары әртүрлі материалдардың физикалық және механикалық қасиеттерінің сапалық көрсеткіштерін анықтау үшін, біздің елімізде, сондай-ақ Еуразиялық экономикалық одақ елдерінде қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттарға сараптама жасалынды.

Бұл жұмыста талшықты құрамдары әртүрлі болып келетін текстиль талшықтарының түрлерінен араластырылып тоқылған, қазіргі таңда жаңа

технологияларға сәйкес дайындалған жүн және жартыфлай жүн талшықты маталар ассортименті қарастырылған, таңдап алынған маталар ассортименті-не қойылатын нормативтік-техникалық құжаттамалардың қатаң талаптары ескерілген, соған сәйкес маталардың ауаөткізгіштік көрсеткіштерін анықтау сынағы орындалған.

Текстиль маталарының ауа өткізу қабілеті сияқты маңызды көрсеткіштері үшін, жұмыста осы салада кең қолданыстағы сынақ, бақылау және өлшеу құралдары мен әдістеріне талдау жүргізілген.

Жұмыста текстиль маталарының, соның ішінде аралас жүн талшықты маталардың ауаөткізгіштік көрсеткіштерін өлшеу нәтижесінде алынған көрсеткіштерді бағалау арқылы сараптау жұмысы орындалған.

Әдебиеттер тізімі

1. Обзор состояния легкой промышленности Казахстана: импортозамещение, экспорт и господдержка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzor-sostoyaniya-legkoy-promyshlennosti-kazahstana-importozameshchenie-eksport-i-gospodderzhka.
2. ГОСТ 12088–77 Тоқыма материалдары және олардан жасалған бұйымдар. Ауаөткізгіштікті анықтау әдісі [Мәтін]. – Еңгізілді. 1978–01–01. – Мәскеу: Стандартинформ, 1977.
3. Сейтқұл Д. Қазіргі заманғы өлшеу құралдарын қолдана отырып, жүн және жартылай жүн маталарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу [Мәтін]: Магистрлік диссертация / Ғылыми жетекшісі: т.ғ.к., доцент Шардарбек М.Ш. – Шымкент, 2023. – 72 б.
4. Технический регламент Таможенного союза 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков». – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 № 797.
5. Кирюхин С.М. Качество тканей [Текст] / С.М. Кирюхин, Ю.В. Додонкин. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 160 с.

Материал редакцияға 22.04.25 түсті, 19.06.25 қабылданды.

Р.Т. Қауымбаев[1], М.Ш. Шардарбек[1]

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы сохранения природных свойств текстильных материалов, выпускаемых с целью соответствия современным требованиям, в том числе исследования показателей воздухопроницаемости. По требованиям, установленным нормативно-технической документацией на текстильные ткани, волокнистый состав которых является натуральным и синтетическим, проведен испытательный эксперимент с целью изучения свойств воздухопроницаемости текстильных тканей. Также проанализированы применяемые в данной области методы испытаний, измерительные приборы и средства контроля, используемые для оценки столь важного показателя, как воздухопроницаемость. По результатам измерений воздухопроницаемости, включая ткани из смешанных шерстяных волокон, выполнен сравнительный анализ и дана экспертная оценка полученных данных.

Ключевые слова: текстильная ткань, волокнистый состав, эксперимент, протокол испытаний, качество, воздухопроницаемость, нормативно-техническая документация.

R.T. Kauymbaev[1], M.Sh. Shardarbek[1]

[1]*Taraz university named after M.H. Dulaty, Taraz, Kazakhstan*

DETERMINATION OF AIR PERMEABILITY OF TEXTILE FABRICS

Abstract. The article addresses the preservation of the natural properties of textile materials produced to meet modern standards, with particular attention to the study of air permeability indicators. According to the requirements of technical regulations for textile fabrics composed of natural and synthetic fibers, experimental tests were conducted to assess the air permeability of materials from different manufacturing sources. The study examined a range of modern wool and semi-wool fabrics manufactured using new technologies from mixed textile fibers, with full consideration of the strict requirements specified by regulatory documentation. Air permeability tests were carried out on the selected fabric samples. The work also includes an analysis of commonly used testing methods, measuring tools, and control techniques applied in evaluating the critical property of air permeability. Based on the test results, including those for blended wool fabrics, a comparative analysis and expert evaluation of the obtained data were performed.

Keywords: textile fabric, fiber composition, experiment, test report, quality, breathability, regulatory and technical documentation.

References

1. Review of the State of Light Industry in Kazakhstan: Import Substitution, Export and Government Support] [Electronic resource]. – Access mode: https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzor-sostoyaniya-legkoy-promyshlennosti-kazahstana-importozameshchenie-eksport-i-gospodderzhka. [in Russian].
2. GOST 12088–77 Tokyma materialdary zhane olardan zhasalgan buyymdar. Auaotkizgishtikti anyktau ədisi [GOST 12088–77 Textile materials and products made from them. Method for determining air permeability]. – Introduced. 1978–01–01. – Moscow: Standartinform, 1977. [in Kazakh].
3. Seytkul D. Kazirgi zamangy olsheu kuraldaryn koldana otiryp, zhyn zhane zhartylai zhyn matalarynyn fizika-mekhanikalyk kasietterin zertteu [Seytqul D. Study of the Physical and Mechanical Properties of Wool and Semi-Wool Fabrics Using Modern Measuring Instruments]: Master’s Thesis / Scientific Superviser Cand. of Tech. Sci., PhD Shardarbek M.Sh. – Shymkent, 2023. – 72 p. [in Kazakh].
4. Technical Regulation of the Customs Union 007/2011 “O bezopasnosti produktsii, prednaznachennoy dlya detey i podrostkov” [On the Safety of Products Intended for Children and Adolescents]. – Approved by the Decision of the Customs Union Commission dated 23.09.2011 No. 797. [in Russian].
5. Kiryukhin S.M., Dodonkin Yu.V. Kachestvo tkaney [Kiryukhin S.M., Dodonkin Yu.V. Fabric Quality]. – Moscow: Legprombytzidat, 1986. – 160 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.29.31

М.А. Махмудова[1] – *негізгі автор*,
Р.Т. Калдыбаев[2], М. Бернд[3],
Ж. Серикулы[4], Г.Ю. Калдыбаева[5]

©

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

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0009-2171-6503 [2]https://orcid.org/0000-0002-1370-7553 [3]https://orcid.org/0000-0001-7893-6229 [4]https://orcid.org/0000-0002-6321-4407 [5]https://orcid.org/0000-0001-9817-0355*

[1,2,4,5]М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан
RWTH Aachen university, Ахен қ., Германия

@ *[1]meri_ne@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LGIJ8137

ИЛЕНГЕН КИІЗ БҰЙЫМДАРЫН ӨНДІРУ ҮШІН БИКОМПОНЕНТТІ МАТЕРИАЛДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл зерттеудің мақсаты технология мен дизайн мәселелерін шешуге кешенді көзқарас негізінде сыртқы киімнің бөлшектерін қалыптастыру үшін киіз материалын әзірлеу технологиясын жасау болып табылады. Иленген киіз материалдарын пайдалану перспективасы жүн талшықтарының айрықша ерекшеліктерімен, ең алдымен жоғары гигиеналық қасиеттерімен – ауа өткізгіштігімен және ылғал сыйымдылығымен, тек табиғи жүнге тән қасиетімен, сонымен қатар тозуға төзімділігімен және пиллингке төзімділігімен байланысты. Жұмыс модификацияның сыртқы түрін, жүйелеу және кодтау әдістерін графикалық талдау және визуалды бағалау әдістерін қолдану арқылы орындалды. Зерттеудің эксперименттік бөлігі электрлік микроскоптың көмегімен материал элементтерінің микроқұрылымын зерттеуді, иленген киіздің физика-механикалық қасиеттерін зерттеуді қамтиды. Жұмыста эксперименттік деректерді статистикалық өңдеу әдістері, толық факторлы экспериментті жоспарлау әдістері, жүйелік-құрылымдық болжау қолданылды. Жеке тапсырмаларды шешу үшін Microsoft Word, Excel, Photoshop, «CorelDRAW» бағдарламалары қолданылды.

Тірек сөздер: иленген киіз, бикомпонентті материал, жүн талшықтары, физика-механикалық қасиеттер, электрлік микроскопия.

Махмудова, М.А. Иленген киіз бұйымдарын өндіру үшін бикомпонентті материалдың қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / М.А. Махмудова, Р.Т. Калдыбаев, М. Бернд, Ж. Серикулы, Г.Ю. Калдыбаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.240-247. https://doi.org/10.55956/LGIJ8137

Кіріспе. Жүн талшықтарының илектеу қабілеттілігі және жартылай фабрикаттардың жоғары жасау қабілеттілігі есебінен қамтамасыз етілетін киіздің жоғары өнімділігі, сондай-ақ қалыпталған киіз бас киімдер мен аяқ киімдерді өнеркәсіптік өндіру тәжірибесі бар [1]. Осы уақытқа дейін киізден жасалған киімдерді өнеркәсіптік өндіру мүмкіндігі мүлдем зерттелмеген [2]. Қойылған критерийлерге сәйкес киім компоненттері мен заттарын өндірудің

шынайы және теориялық тәсілдері жоқ. Осыған байланысты киізден жасалған киімнің қалыпталған компоненттерін жобалау, киізден жартылай фабрикат жасау тұжырымдамасын қалыптастыру қажеттілігі туындайды, оның ішінде біртұтас бағыт жасау үшін өнімді әрлеу процесі [3].

Киіз кілемнің ең танымал түрі ширдак деп аталады, ол киіз кілем ретінде ұсынылған және қырғыз халқының киізден жасалған бұйымдарын жасау техникасы бойынша ең күрделі болып табылады [4].

Қырғыздар үшін ширдақтар киізбен бірге тұрмысқа қажетті заттар болды. Олар еденге немесе шөпке төселген. Жақында шетелдік туристер арасында кішкентай шырдақтар өте танымал болды, олардың әдеттегі өлшемі 2×4 м. Ол әдетте киіз негізден және оған шебер ойылған түрлі-түсті киізден тұрады, барлығы бірге белгілі бір мәні мен мағынасы бар ою-өрнектің бір түрі болып табылады [5].

Көшпелі қазақтардың өміріне келетін болсақ, олар үшін киізден жасалған бұйымдарды пайдалану тек сұлулық пен жайлылықтың заты ғана емес, сонымен қатар жылы ұйықтау үшін бірінші қажеттілік болды, ал бұл үшін текеметтер мен сырмақтар тоқылды. Сырмақты өндіруге бірнеше ай жұмыс қажет болды, ал қызмет ету мерзімі ондаған жылдарға есептелді [4-7]. Біздің ата-бабаларымыз едендік киіз бұйымдарын жасау өнеріне ие болған. Сырмақ өндірісінің ерекшелігі – ішкі жағы матамен жабыстырылады, ол бірден бірнеше бағытта және бойымен бекітіледі, бұл тығыздағыш аз тозуға және төзімділікке ықпал етеді [8].

Қазақтың киіз кілемінің тағы бір түрі – түскиіз, оған баса назар аударғым келетіні – ол киіз үйдің қабырғасын безендіру қызметін атқарды. Әдетте, бұл бұйымдар мозаика, аппликация және кесте әдісімен жұқа киізден жасалған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Иленген киізден жасалған бұйымдарды өндіру және безендіру әдістеріне келетін болсақ, киіз басудың екі әдісі бар – дымқыл және құрғақ киіз. Ылғал киіз – бұл біздің дәстүрлі қолмен киіз жасау тәсілі, онда жүн талшықтары ыстық су немесе бу мен сілтінің әсерінен жасалады. Бұл ежелгі техника көшпелі қазақ халқына киіз деп аталатын еден кілемдерін және өзге де еден кілем бұйымдарын жасауға мүмкіндік берді [9].

Фелтингтің тағы бір әдісі – құрғақ киіз басу – бұл арнайы инелердің көмегімен тоқыма емес материалдарды қалыптастыру. Иненің енуі жүн қабаттарын бір-бірімен шатастырады. Жүн талшықтарына ғана тән қасиет жүн талшықтарының бір-бірімен шатасуына мүмкіндік береді, осы мақсат үшін арнайы құрылғылар киіз басу процесін едәуір жеңілдетеді. Қазіргі уақытта жұқа киіз – киіздің өнеркәсіптік өндірісі жолға қойылған. Инемен тесілген механикаландырылған әдіс қолмен киіз басудың көп уақытты қажет ететін процесін едәуір жеңілдетіп қана қоймай, жасанды иірілген талшықты қолдануға мүмкіндік туды [10].

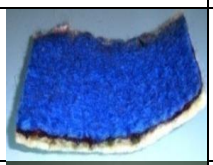
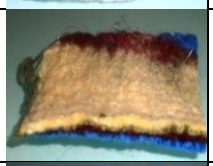
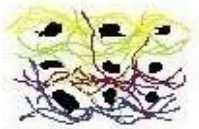
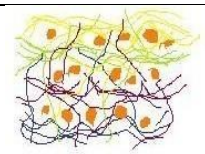
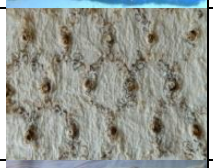
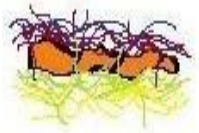
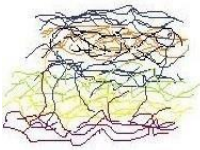
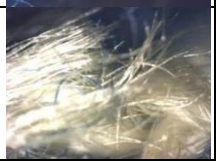
Киіздің құрылымын қалыптастыру үшін текстураға көмекші затты қосу керек, ол 2 кезеңде жүзеге асырылады. Киіз төсектерінің саны мөлшеріне, сондай-ақ қосалқы заттың қосылуына сәйкес келеді.

Электрлік микроскопия деректерінің нәтижесінде біз киіз компоненттерінің орналасу схемаларын күрделі көтерілген кесінділердің суреттері бойынша ұсындық. 1-кестеде осы зерттеулердің деректері көрсетілген.

Осылайша, жүн талшықтарының қабаттарынан және қосымша көмекші материалдан киіз басу нәтижесінде біртұтас құрылымы бар бикомпонентті материал түзіледі.

Кесте 1

Қосымша материалдарды қолданылған киіз үлгілері

№ п/п	Қолданылатын материалдың түрлері	Үлгінің сыртқы түрі	Микроскоп астындағы үлгі құрылымының графикалық диаграммасы	Микроскоп астындағы киіз үлгісінің құрылымы
1	Спандекс			
2	Текстуралы жіп			
3	Мыс жіп			
4	Шілтер			
5	Трикотаж			

Зерттеудің келесі кезеңі – сызықтық теңдеуді табу, оның шешімі бөлшектерді жобалау кезінде формаға төзімділікті сипаттайтын көрсеткіштерді есептеуге мүмкіндік береді. Мұндай теңдеулердің көрсетілген мақсаттарға қолданылуы бұрын жүргізілген зерттеулердің үлкен көлемімен расталады [11-13]. 2-кестеде кодталған факторлардың аралықтары мен өзгеру деңгейлері келтірілген, мұнда: X1 – төселген жіптердің жиілігі; X2 – кенеп талшықтарының массасы 1 см2; X3 – Қосымша материалдардың орналасуы.

Кесте 2

Факторлардың аралықтары мен деңгейлері

Фактордың коды және атауы	Вариация деңгейлері			Өзгеру аралықтары
	-1	0	+1	
Төселген жіптер арасындағы қашықтық (N), см – X1	0,2	0,35	0,6	0,14
Кенеп талшықтарының массасы 1 см^2 (m), г-X2	0,021	0,026	0,029	0,005
Қосымша материалдардың орналасқан жері (Δ), үлесі – X3	0,23	0,385	0,5	0,118

Кесте 3

Экспериментті жоспарлау матрицасы

Тәжірибе нөмірі	Факторлар						
	Шартты бірліктерде			Табиғи бірліктерде			
	X0	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
1	+	+	+	+	0,5	0,028	0,5
2	+	-	+	+	0,2	0,028	0,5
3	+	+	-	+	0,5	0,018	0,5
4	+	-	-	+	0,2	0,018	0,5
5	+	+	+	-	0,5	0,028	0,25
6	+	-	+	-	0,2	0,028	0,25
7	+	+	-	-	0,5	0,018	0,25
8	+	-	-	-	0,2	0,018	0,25

Төрт қабатты киізден және олардың арасында орналасқан спандекс жіптерінің үш қабатынан тұратын бикомпонентті материалдың үлгілерін зерттеу кезінде үлгінің кенеп массасы мен қосымша материалдың қосылыстарының саны әртүрлі факторлар ретінде 3-кестеде қарастырылды. Нәтижесінде өлшем айнымалыларының теңдеуі пайда болады:

$$Урш=26,99 + 4,68((m/0,005)-4,68) = 4,53+936m, даН \quad (1)$$

Регрессия теңдеуі негізінде үлгінің үзіліс жүктемесінің бір факторға – 1 см^2-ге талшықтардың массасына тәуелділігінің диаграммасы жасалған.

Төрт қабатты киізден және текстуралы жіптің үш қабатынан тұратын бикомпонентті материалдың үлгілерін, сондай-ақ олардың арасында орналасқан жалғыз жіп түріндегі мыс, кенеп талшықтарының массасы 1 см^2, (г), сыну жүктемесі, (даН) әр түрлі факторлар ретінде үлгінің кенеп массасы мен төсеу аралығы қарастырылды. Табиғи айнымалылар арқылы өрнектелген текстуралы жіптері бар үлгілерге арналған регрессия теңдеуі:

$$Урш = 0,098 + 1148m, даН \quad (2)$$

Мыс жіп үлгілерінің эксперимент нәтижелерін өңдеу кезінде жоғарыда аталған факторлардың ешқайсысының пішінге төзімділік көрсеткіштеріне әсерін анықтау мүмкін болмады.

Үлгіні диаметрі бойынша доппен басқаннан кейін үлгінің пішіні ішінара қалпына келтіріледі. Нвос қалпына келу көрсеткіші жүктемені алып тастағаннан кейін үлгінің деформациясының төмендеуін сипаттайды. Нвос мм қалпына келуі формула бойынша анықталды:

$$Нвос = Нмах – Ност, мм \quad (3)$$

мұндағы: Нмах – деформацияның максималды шамасы биіктікпен сипатталады, Ност – биіктікпен сипатталатын деформацияның қалдық шамасы.

Төрт қабатты киізден және олардың арасында орналасқан спандекс жіптерінің үш қабатынан тұратын бикомпонентті материалдың үлгілерін зерттеу кезінде үлгінің кенеп массасы мен қосымша материалдың қосылыстарының саны әртүрлі факторлар ретінде қарастырылды.

Өлшем айнымалыларындағы теңдеу алынды:

Урш=26,99 + 4,68((m/0,005)-4,68) = 4,53+936m, даН (4)

Төрт қабатты киізден және текстуралы жіптің үш қабатынан тұратын бикомпонентті материалдың үлгілерін, сондай-ақ олардың арасында орналасқан жалғыз жіп тәрізді мыс үлгілерін зерттеу кезінде үлгінің кенеп массасы мен сәндеу аралығы әртүрлі факторлар ретінде қарастырылды.

Табиғи айнымалылар арқылы өрнектелген текстуралы жіптері бар үлгілерге арналған регрессия теңдеуі:

Ürш = 0,098 + 1148m, даН (5)

Мыс жіп үлгілері экспериментінің нәтижелерін өңдеу кезінде жоғарыда аталған факторлардың ешқайсысының талшық массасынан 1 см^2 текстуралы жіп үлгілерінің пішінге төзімділік көрсеткіштеріне әсерін анықтау мүмкін болмады.

Үлгіні диаметрі бойынша доппен басқаннан кейін үлгінің пішіні ішінара қалпына келтіріледі. Нвос қалпына келу көрсеткіші жүктемені алып тастағаннан кейін үлгінің деформациясының төмендеуін сипаттайды. Нвос мм қалпына келуі формула бойынша анықталды:

Нвос = Нmax – Ност (мм),

мұндағы: Нmax – биіктікпен сипатталатын деформацияның максималды мөлшері, Ност – биіктігімен сипатталатын деформацияның қалдық мөлшері.

Келесі қасиеттерге эксперименттік зерттеулер жүргізілді: бір осьті созылу кезінде жыртылу кезінде жыртылу жүктемесі және салыстырмалы ұзарту, допты итеру кезінде жыртылу жүктемесі және жыртылу ұзарту, қалпына келу, қаттылық, серпімділік, серпімділік, беттік тығыздық.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттелетін физика-механикалық қасиеттер келесі топтарға бөлінеді:

– тұрақты: технологиялық факторларға аз тәуелді, маңызды емес шектерде өзгеретін жарылғыш жүктеме;

– жобаланған – технологиялық режимдерді таңдаумен реттелетін серпімділік, қалпына келу; қаттылық, икемділік, жарылғыш жүктеме;

– нормативтік құжаттарда талаптары жоқ жобалау кезінде ескерілетін ұзарту, бір осьті созылу кезінде жыртылу кезінде, допты итеру кезінде үзіліс ұзарту, беттік тығыздық.

Жүн талшықтарының жарылу жүктемесінің көрсеткіштері 22,3-тен 33,39-ға дейін берілген, бұл МЕМСТ 28000-2004 талаптарына сәйкес келеді. Қосымша материалдарды қолдану киіз бөліктерінің беріктігін арттыруға көмектеседі, әсіресе спандекс пен трикотажды қолдану. Қосымша материалдармен үлгілердің беріктігін арттыруға кенеп талшықтарының массасын ұлғайту және күшейтілген үлгілердегі қосымша материалдың жіптері арасындағы қашықтықты азайту көмектеседі. Бұл көрсеткішке ең аз беріктігі бар мыс жіппен үлгілерді жобалау кезінде ерекше назар аудару қажет.

Серпімділік және қалпына келу сияқты қасиеттер тұрақты көрсеткіштермен сипатталады. Серпімділік көрсеткіштері жоғары және 73%-тен 80%-ға дейін, бұл орташа көрсеткіштердің шамамен 10% -ын құрайды.

Бірақ қосымша материалдың бір түрі бар үлгілердің ішінде серпімділіктің ауытқуы шамамен 5% құрайды.

Қалпына келтіру 14-тен 16,7 мм-ге дейін өзгереді, бұл орташа мәннің 5%-дан сәл астамын құрайды. Спандекс үлгілерімен салыстырғанда мыс жіп үлгілерінің қалпына келуіне факторлардың әсерінің көп бағыты қосымша материалдардың қасиеттерінің полярлығында жатыр. Спандекс деформациядан кейін бұрынғы күйін қалпына келтіруге тырысады, ал мыс жіп жүктеменің жаңа қосымшасына дейін берілген пішінді сақтайды. Әр түрлі технологиялық режимдерде жасалған әр түрлі қосымша материалдары бар үлгілердің икемділігі мен қалпына келуінің өзгеруі маңызды емес, мүмкін басқа жалпы белгінің әсеріне байланысты. Үлгілерге ортақ – киіз кенептің болуы. Бұл көрсеткіштердің екеуі де жүн талшықтарының бұралуымен және олардың киіз басумен қамтамасыз етілуімен анықталатыны анық.

Қорытынды. Текстуралы жіп, спандекс және мыс жіп қабаттары арасында бір-бірімен байланысқан бикомпонентті киіз материалдарына зерттеулер жүргізілді. Бикомпонентті киізде көмекші заттың болуын арттыру қаттылық пен икемділік сипаттамаларын арттыратыны анықталды. Алайда, мыс (қызыл-сары) жіптің болу уақытының артуы бикомпонентті элементтердің икемділігін төмендететіні анықталды.

Сондай-ақ, киізден жасалған тоқыма материалдарының бөлшектерін жобалау кезінде пішінге төзімділікті сипаттайтын көрсеткіштерді есептеудің математикалық моделі жасалды.

Әдебиеттер тізімі

1. История войлока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inhandmade.ru/vojlokovalyanie/istoriya.vojloka.
2. Войлок Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e-history.kz.
3. [?] Искусство стран Востока [Текст]. – Москва, 2008. – 145 с.
4. Ковры Кыргызстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://coolreferat.com.
5. Кыргызское декоративно-прикладное искусство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kyrgyzstantravel.net/culture/handicraft-ru.htm#ex12.
6. Асанова, Б.А. Казахский художественный войлок как феномен кочевой культуры [Текст]: автореф. дисс. … канд. искусствоведения / Б.А. Асанова: 07.00.04. – Алматы, 2009. – 167 с.
7. Казахская юрта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kazakhistory.ru/post36.php.
8. Казахский орнамент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kazakhistory.ru/post17.php.
9. Сырмак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ertegi.ru/index.php?id=30&idnametext=795&idpg=1.
10. Барабанов, Г.Л. Физико-механические способы производства нетканых материалов и валяльно-войлочных изделий [Текст] / Г.Л. Барабанов, Е.Н. Бершев, Г.П. Смирнов, Ю.Я. Тюменев. – М.: Легпромбытиздат, 2014. – 456 с.
11. Семенова, А.И. Исследование свойств валяной обуви, содержащей синтетическое волокно с обработанной поверхностью [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.И. Семенова. – Москва, 2014. – 154 с.
12. Сыдыкова, Ж.А. Разработка метода проектирования и изготовления деталей одежды объемной формы из войлока [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Ж.А. Сыдыкова. – Москва, 2011. – 162 с.
13. Бектемирова, Л.С. Разработка методов модификации деталей одежды из войлока на основе комбинаторных принципов [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Л.С. Бектемирова. – Москва, 2013. – 176 с.

Материал редакцияға 21.04.25 түсті, 16.06.25 қабылданды.

М.А. Махмудова[1], Р.Т. Калдыбаев[1], М. Бернд[2], Ж. Серикулы[1], Г.Ю. Калдыбаева[1]

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзов, г. Шымкент, Казахстан
[2]RWTH Университет Ахен, г. Ахен, Германия

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВОЙЛОКА

Аннотация. В этом исследовании рассматриваются вопросы разработки технологии изготовления войлочного материала для формирования деталей внешней одежды с использованием двухкомпонентных материалов. Перспективы использования войлока связаны с уникальными свойствами шерстяных волокон, в первую очередь с высокими гигиеническими характеристиками – воздухопроницаемостью и влагопоглощением, свойствами, присущими только натуральной шерсти, а также с его износостойкостью и устойчивостью к образованию катышков. Работа выполнена с использованием методов графического анализа модификаций, систематизации и кодирования, а также визуальной оценки. Экспериментальная часть работы включает исследование микроструктуры элементов материала с помощью электронного микроскопа и анализ физико-механических свойств войлока. В исследовании применены методы статистической обработки данных, методы полного факторного планирования эксперимента и системно-структурного прогнозирования. Для решения отдельных задач использовались программы Microsoft Word, Excel, Photoshop и CorelDRAW.

Ключевые слова: вязаный войлок, двухкомпонентный материал, шерстяные волокна, физические и механические свойства, электронная микроскопия.

M.A. Makhmudova[1], R.T. Kaldybaev[1], M. Bernd[2], Zh. Serikuly[1], G.Yu. Kaldybaeva[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
[2]RWTH Aachen University, Aachen, Germany

STUDY OF THE PROPERTIES OF A BICOMPONENT MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF KNITTED FELT PRODUCTS

Abstract. This study addresses the issues of developing the technology for producing felt material to form outerwear components using bi-component materials. The prospects for using felt are related to the unique properties of wool fibers, primarily their high hygienic characteristics – air permeability and moisture absorption, properties inherent only in natural wool, as well as its wear resistance and resistance to pilling. The work is carried out using methods of graphical analysis of modifications, systematization and coding, as well as visual evaluation. The experimental part of the work includes the study of the material's microstructure using electron microscopy and the analysis of the physical-mechanical properties of felt. Statistical data processing methods, full-factor experimental planning methods, and system-structural forecasting are applied in the study. For solving specific tasks, Microsoft Word, Excel, Photoshop, and CorelDRAW software were used.

Keywords: felted wool, bi-component material, wool fibers, physical-mechanical properties, electron microscopy.

References

1. The History of Felt [Electronic resource]. – Access mode: http://inhandmade.ru/vojlokovalyanie/istoriya.vojloka. [in Russian].
2. Kazakhstan's Felt [[Electronic resource]. – Access mode: http://e-history.kz. [in Russian].
3. [?] Iskusstvo stran Vostoka [Art of Eastern Countries]. – Moscow, 2008. – 145 p. [in Russian].
4. Kyrgyzstan Carpets [Electronic resource]. – Access mode: http://coolreferat.com. [in Russian].
5. Kyrgyz Decorative and Applied Art [Electronic resource]. – Access mode: http://www.kyrgyzstantravel.net/culture/handicraft-ru.htm#ex12. [in Russian].
6. Asanova B.A. Kazakhskiy khudozhestvennyy voylok kak fenomen kochevoy kultury [Kazakh Artistic Felt as a Phenomenon of Nomadic Culture]: PhD Abstract in Art Studies. 07.00.04. – Almaty, 2009. – 167 з. [in Russian].
7. Kazakh Yurt [Electronic resource]. – Access mode: http://www.kazakhistory.ru/post36.php. [in Russian].
8. Kazakh Ornament [Electronic resource]. – Access mode: http://www.kazakhistory.ru/post17.php. [in Russian].
9. Syrmak Felt Carpet [Electronic resource]. – Access mode: http://www.ertegi.ru/index.php?id=30&idnametext=795&idpg=1. [in Russian].
10. Barabanov G.L., Bershev E.N., Smirnov G.P., Tyumenev Yu.Ya. Fiziko-mekhanicheskiye sposoby proizvodstva netkanykh materialov i valyal'no-voýlochnykh izdeliy [Physical and Mechanical Methods of Manufacturing Nonwoven and Felt Products.]. – Moscow: Legprombytizdat, 2014. – 456 p. [in Russian].
11. Semenova A.I. Issledovaniye svoystv valyanoy obuvi, soderzhashchey sinteticheskoye volokno s obrabotannoy poverkhnost'yu [Study of Properties of Felt Footwear Containing Treated Synthetic Fiber]: PhD Thesis in Technical Sciences. – Moscow, 2014. – 154 p. [in Russian].
12. Sydykova Zh.A. Razrabotka metoda proyektirovaniya i izgotovleniya detaley odezhdy ob'yemnoy formy iz voyloka [Development of Design and Manufacturing Methods for Volumetric Felt Garment Parts]: д PhD Thesis in Technical Sciences. – Moscow, 2011. – 162 p. [in Russian].
13. Bektemirova L.S. Razrabotka metodov modifikatsii detaley odezhdy iz voyloka na osnove kombinatornykh printsipov [Development of Modification Methods for Felt Garment Details Based on Combinatorial Principles]: PhD Thesis in Technical Sciences. – Moscow, 2013. – 176 p. [in Russian].

МРНТИ 64.29.23

К.И. Баданов[1] – *основной автор*,
И.К. Баданов[2], **Р.Р. Баданова**[3]

[1]Канд. техн. наук, профессор, [2]Докторант, [3]Ст. преподаватель

[1]https://orcid.org/0000-0003-1603-0717 [2]https://orcid.org/0000-0002-2517-5080
[3]https://orcid.org/0000-0002-1170-923X

[1,3]Таразский университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]Университет им.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

[1]kenzebad@mail.ru

https://doi.org/10.55956/VSUK8714

МОДИФИКАЦИЯ ВНЕШНЕЙ ФОРМЫ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА, ЕГО ПОВЕРХНОСТИ И ОБЪЕМА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Работа посвящена изучению вопросов исследования специфических показателей волокон хлопка, которые могут изменяться в процессе проведения технологических процессов и использования специальных водных растворов для их реализации. Полученные результаты позволяют предположить версию изменения свойств хлопкового волокна по сорбированию технологических растворов, которая может возрастать с изменением внешнего вида волокна, связанная с внутренними изменения волокна, а именно с расправлением внутреннего канала хлопкового волокна от сплющенной формы до правильной цилиндрической формы. Показано, что изменение внешней формы и поверхности целлюлозного волокна в процессе жидкостных обработок сопровождается увеличением его внутреннего объема, что способствует росту адсорбционных и сорбционных свойств. Это открывает возможности для повышения эффективности заключительной отделки, снижения расхода аппретов и уменьшения загрязнений сточных вод.

Ключевые слова: целлюлоза, хлопковое волокно, микрофибриллы, поверхность волокна, поперечный срез, рентгеноспектральный анализ.

Баданов, К.И. Модификация внешней формы хлопкового волокна, его поверхности и объема под действием технологических растворов [Текст] / К.И. Баданов, И.К. Баданов, Р.Р. Баданова //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.248-256. https://doi.org/10.55956/VSUK8714

Введение. Структура целлюлозных волокон обусловливает как физические свойства природного волокна, так и его поведение по отношению к некоторым химическим реагентам [1]. В структуре целлюлозных волокон всегда имеется сеть тончайших субмикроскопических капилляров, наличие которой обусловлено спецификой природного состояния целлюлозной системы и ее ролью в жизни растений [2]. Наличие этой капиллярной системы после выделения целлюлозы из растений и удаления значительной части спутников целлюлозы во время очистки, зависит от условий обработки, промывки и сушки [3]. И в связи с этим в целлюлозном волокне после этих процессов может либо сохраниться исходная капиллярность или даже увеличиться, либо уменьшиться, так как подвижность молекул целлюлозы в

жидких активных средах очень велика и в процессах набухания в них возможно перераспределение в расположении целлюлозных молекул и фибрилл в структуре волокна и в какой-то степени сжатие межфибриллярных или даже межкристаллитных пространств [4].

Внутреннее строение хлопкового волокна представляет собой сложную структуру и это затрудняет ее изучение. Не смотря на то, что имеется множество факторов, характеризующих особенности структуры хлопкового волокна ни один из них не раскрывает в полном объеме специфику строения и не является до конца изученным [5]. На химические свойства хлопкового волокна влияет не только строение молекулы целлюлозы, но и многие специфические факторы, характеризующие свойства хлопкового волокна. К ним можно отнести с специфику натурального хлопкового волокна, которая характеризуется спецификой строения внешней поверхности волокна. Следует учитывать специфику расположения макромолекул хлопковой целлюлозы в натуральном волокне, их пространственное расположение в отдельных мономерных звеньях полимерной цепи. Следует учитывать и возможные изменения, происходящие во внутренней и внешней структуре хлопкового волокна. Необходимо учитывать все эти возможные изменения и их влияние на общие свойства хлопкового волокна [6].

Под влиянием различных жидких сред могут быть достигнуты самые разные изменения в структуре целлюлозных волокон с сохранением их волокнистой формы [7]. Эти изменения связаны с особенностью строения молекул активирующих сред, величинами их ионизационного потенциала, способностью к образованию водородной связи с гидроксильными группами. Немаловажна роль и стерических факторов, связанных с влиянием объема и разветвленности молекул на их проникновение в структуру целлюлозного волокна и затрудненностью сближения электроно-донорного атома в таких молекулах с гидроксилами целлюлозных молекул. Кроме того, эффект активации целлюлозы зависит от исходного состояния ее структуры [9].

Хлопковое волокно подвергается воздействию агрессивных растворов в результате осуществления процессов очистки хлопкового волокна при его подготовке к крашению и печатанию. Физико-химические процессы, которым подвергается хлопковое волокна при крашении, печатании или при заключительной отделке, также вызывают изменения свойств хлопкового волокна, что связано с изменениями как внутренней, так и внешней структуры хлопкового волокна. Такие изменения могут способствовать и увеличению сорбционных способностей хлопкового волокна, которые связаны с изменениями внутренней и внешней формы волокна [8]. Для химиков-технологов это является важным вопросом, позволяющим повысить эффективность технологических процессов.

В процессах заключительной отделки текстильных материалов волокнам придается ряд полезных свойств, таких как, например, повышенная водоупорность, износостойкость, несминаемость, безусадочность, масло- и грязеотталкиваемость, огнестойкость, устойчивость к образованию статического электричества, сопротивление истиранию, стойкость к действию плесени, микроорганизмов, кератофагов и др.

Операции химических отделок в настоящее время основываются на применении различных типов препаратов [9], которые можно подразделить на две большие группы:

– препараты, являющиеся носителями полезных свойств, адсорбирующиеся волокном;

– препараты, модифицирующие химическую структуру волокна, которое после обработки само становится носителем полезных свойств.

Условия и методы исследования. В качестве основной задачи исследования явилась исследование поверхности целлюлозного волокна с помощью растровой электронной микроскопии, его изменения под влиянием технологических водных сред, изменение формы волокна в процессах подготовки целлюлозного волокна к отделке.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

– исследование внешней формы волокна и его изменений в процессах жидкостных обработок;

– исследование изменений поверхности хлопкового волокна после воздействий различных технологических растворов;

– анализ поперечного среза волокон с целью определения воздействия технологических растворов на внутренний объем волокна;

– рентгеноспектральный анализ изменений поверхности волокна.

Объектом исследования служила суровая хлопчатобумажная ткань АО «Меланж» г. Шымкент и хлопчатобумажная ткань «Мадаполам» арт. 274, прошедшие стадии расшлихтовки, мерсеризации, кислотной обработки.

Таблица 1.

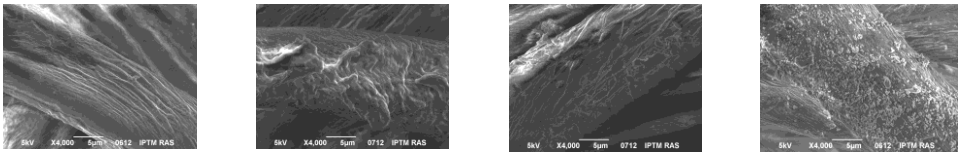
Характеристика ткани

Наименование показателей	Хлопчатобумажная ткань «Мадаполам» арт. 274.	
	Основа	Уток
Ширина, см	145	
Набухание в воде, %	45-50	
Усадка после 10 стирок, %	2,5	
Линейная плотность, текс	29	36
Волокнистый состав	ВХ	ВХ
Разрывная нагрузка, сН/текс	28	22,5

Изучение морфологии поверхности текстильного волокна, изменение поверхности волокна и его формы после обработок проводили с использованием растрового электронного микроскопа JSM-7500F производства японской фирмы «JEOL».

Результаты исследований. Представляет интерес изучить изменения внешних и внутренних свойств хлопкового волокна, происходящие при нахождении хлопкового волокна в нагретых технологических растворах, представляющих собой довольно агрессивные среды.

Ниже приведены результаты исследований хлопкового волокна. Для наглядности воздействия технологических растворы на поверхность хлопкового волокна был использован электронный сканирующий микроскоп.



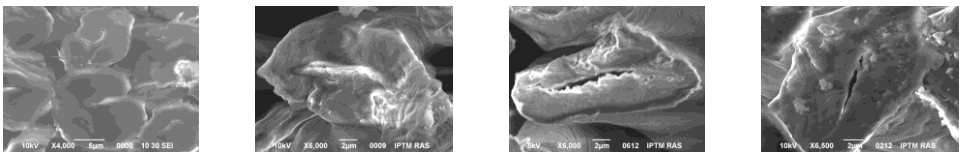
начальный | удаление шлихты | варка в щелочи | действие окислителей

Рис. 1 Фиксация изменений на поверхности хлопкового волокна

Шлихта наносится на поверхность хлопкового волокна равномерным слоем для уменьшения сил трения в ткачестве. В подготовительных процессах перед крашением она должна быть удалена и для этого используют агрессивные кислотные растворы. Эти растворы дробят и растворяют шлихту, которая отслаивается от поверхности волокна. Это хорошо прослеживается на полученных микроснимках. Поверхность волокна освобождается от технологических примесей и упрощается доступ поверхности волокна для других технологических растворов. Через освобожденную поверхность водные растворы могут быстрее проникать во внутренние слои волокна. Это может привести к изменениям внутреннего объема волокна. При стремлении формы волокна к форме цилиндра сорбционная способность будет максимальной.

Если внутренние каналы хлопкового волокна изменят свою форму от сплющенной до цилиндрической это приведет к росту сорбционных свойств хлопкового волокна в целом. При полном изменении внутренней формы хлопкового волокна до цилиндрической приведет к максимальной сорбционной способности.

Полученные результаты нуждались в дополнительных исследованиях. С этой целью были использованы новейшие методы и исследовательское оборудование ИПТМ РАН (Россия). Получены экспериментальные данные в виде микроснимков и результатов микроанализа. Проведен анализ поперечного среза волокон.



начальный | удаление шлихты | варка в щелочи | действие окислителей

Рис. 2. Изменения формы поперечного среза хлопкового волокна

На микроснимках четко прослеживаются изменения внутренней формы хлопкового волокна. После щелочной отварки и отбеливания в растворах окислителей внутренняя форма расправляется и исчезают отдельные сплющенные каналы. Вместо них появляется один канал, но его объем недостаточно большой. Можно предположить, что при направленном воздействии определенными растворами на волокно, можно внутреннюю форму волокна привести к форме цилиндра и увеличить сорбционные свойства хлопкового волокна в целом, что очень важно при проведении процессов крашения и заключительной отделки. Примение электронного сканирующего микроскопа для контроля формы внутренней и внешней поверхности хлопкового волокна позволят визуально оценить все изменения, происходящие с хлопковым волокном при воздействии растворов.

Проведен рентгеноспектральный анализ поперечного среза и поверхности волокна. Были получены данные по изменению структуры ткани до и после обработок.

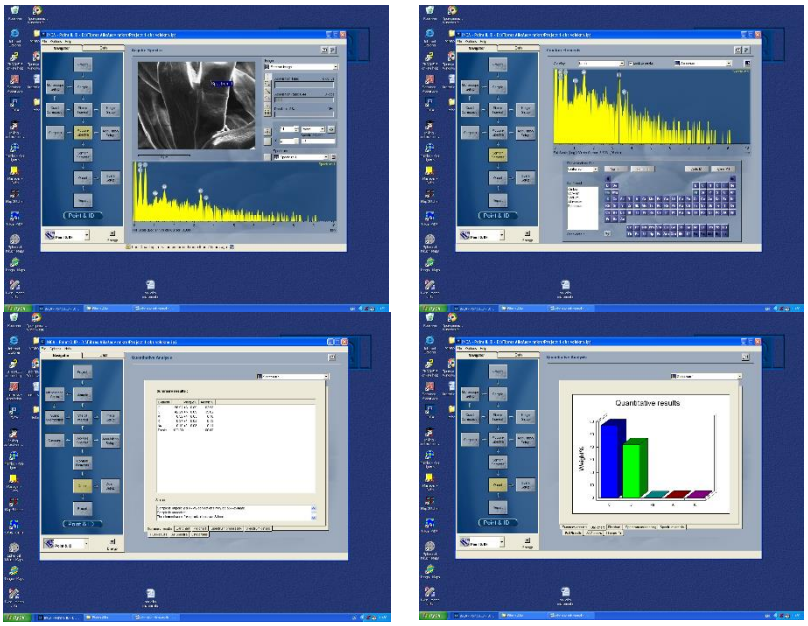
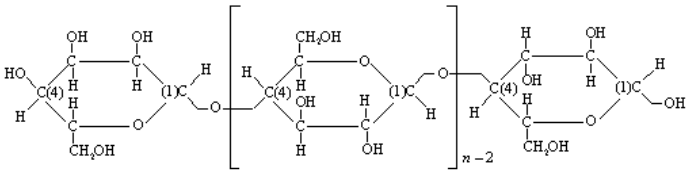


Рис. 3. Данные рентгеноспектрального анализа поверхности волокна

Данные исследований, полученные в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН позволяют сравнить их с данными, полученными в нанолаборатории ТарУ, что в дальнейшем позволит более детально и глубже осветить вопросы изучения и практического применения полученных знаний в различных областях текстильной отрасли.

Обсуждение научных результатов. Одним из наиболее используемых в текстильной промышленности волокон является хлопковое волокно, которое относится к целлюлозным волокна. Основы хлопкового волокна составляет полимер – целлюлоза [3]. Целлюлоза как полимер имеет неоднородную структуру. В ее макромолекуле наблюдается неоднородность. Эта неоднородность связана с неодинаковой степенью упорядочения макромолекулы. Наличие в полимере различных участков с неравномерной упаковкой макромолекул ограничивает молекулярную подвижность этого полимера. Остатки в-Д-глюкопиранозы в полимерной цепи целлюлозы связаны между собой 1-4 кислородными связями. Хлопковую целлюлозу можно представить: $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. Степень полимеризации n изменяется от сорта хлопчатника, его степени зрелости и т.д. В структуре хлопкового волокна отдельные цепи макромолекул целлюлозы связаны между собой за счет водородных связей:



Как и все полимеры целлюлоза обладает специфическими свойствами. На эти свойств влияют наличие в элементарном звене целлюлозы трех гидроксильных групп. Механические и химические свойства хлопковой

целлюлозы зависят и от кислородной связи между отдельными мономерными звеньями целлюлозы. На специфические свойства хлопковой целлюлозы влияю и водородные связи между отдельными макромолекулами. Хлопковое волокно набухает в воде, но устойчиво к действию различных растворителей органичекого характера. Хлопковое волокно выдерживает тепловое воздействие до 200°С. Однако длительное нагревание даже при 100°С вызывает структурные изменения молекулы целлюлозы [2]. Хлопковая целлюлоза – это полимер способный изменять свою надмолекулярную структуру при возникновении молекулярного движения, которому не препятствуют водородные связи. Надмолекулярная структура хлопковой целлюлозы очень сложная и для нее характерна некотарая фибриллярность. Во внутренней структуре целлюлозы наблюдается взаимодействие макромолекул между собой за счет сил Ван-дер-Ваальса. Также следует учитывать, что гидроксильные группы отдельных макромолекул могут взаимодействовать между собой с образованием водородных связей. Этим можно объяснить тот факт, что целлюлоза не растворяется в воде, хотя проявляет гидрофильные свойства. От других растительных волокон волокно хлопка отличается своим строением. Как известно хлопковое волокно находится в коробочке хлопчатника. Каждое элементарное волокно – это клеточное вещество, прикрепленное к семени. Поэтому у него два конца. Один сужающийся глухой, а другой открытый [4].

Если рассматривать хлопковое волокно послойно, то на поверхности расположена стенка, толщина которой составляет 1 мкм. Содержание целлюлозы в ней составляет 50%. Здесь же на поверхности находятся жиро-восковые соединения, которые придают некоторую гидрофобность хлопковому волокну. Этим можно объяснить то, что суровое хлопковое волокно плохо смачивается водой. Следующий слой – это стенка из нескольких слоев толщиной 6-8 мкм. Здесь сосредоточены отложения при росте хлопка и фотосинтезе. Эти отложения образуются из протоплазмы. В самом центе волокна расположен канал, который заполнен протоплазмой. Количество протоплазмы зависит от зрелости хлопка. У созревшего хлопка этот канал содержит только остатки протопдазмы [5].

Фибриллы составляют отдельные слои целлюлозы. Фибриллы – это соединения микрофибрилл. Микрофибриллы состоят из различных макроомолекулярных цепей. В микрофибриллах молекулы удерживаются за счет сил межмолекулярного взаимодействия. Их расположение не уплотненное. Поэтому отдельные части макромолекул располагаются в микрофибриллах. Часть из них простирается до фибрилл. Хлопковое волокно гигроскопично. Это объясняется и тем фактом, что структура хлопкового волокна содержит поры и микротрещины. Они возникают в отдельных слоях хлопковой целлюлозы. Эти микопоры и трещины обеспечивают хорошую сорбционную способность хлопкового волокна. Этим объясняется хорошее поглощение хлопковым волокном красильных и других растворов [10].

С развитием объемной, растровой электронной микроскопии изучению морфологии поверхности посвящены многочисленные работы [5,11]. Однако обширный фактический материал не систематизирован. Отсутствуют в литературе и работы, в которых имелись бы данные по влиянию характера внешней поверхности на поведение волокон в процессах крашения и печатания. Морфология поверхности волокон может претерпеть существенные изменения в различных операциях отделочного производства в

зависимости от условий их проведения. Величина внешней поверхности природных волокон зависит от их морфологии [8].

В литературе хлопковая целлюлоза представляется в виде слегка закрученной спирали с двумя каналами. Это объясняется тем, что в отдельных слоях целлюлозы микрофибориллы и фибриллы размещаются под углом 20-40° к оси волокна [4].

У незрелого хлопкового волокна протоплазма располагается в канале волокна. По мере созревания хлопка протоплазма засыхает. При этом волокно сжимается. Микроснимки такого волокна показывают, что оно имеет форму скрученной ленты или сжатой трубки (рис. 4). При этом толщина стенки канала зависит от степени зрелости хлопкового волокна.

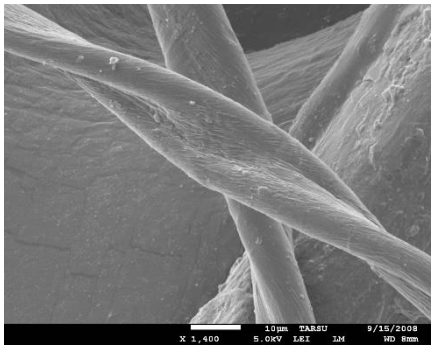


Рис. 4. Микрофотография поверхности целлюлозного волокна

При внимательном рассмотрении хлопкового волокна можно отметить следующее: поверхность внутренней части волокна намного больше, чем толщина стенок волокна. Кроме того, у хлопкового волокна его одна часть открыта. Это способствует тому, что хлопковое волокно очень хорошо впитывает влагу и в целом его смачиваемость увеличивается. По сравнению с льняными волокнами хлопковые быстрее поглощаю влагу и смачиваются [12].

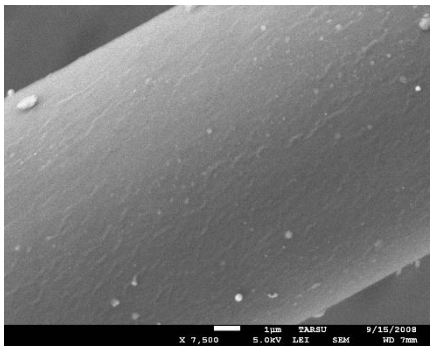


Рис.5. Микрофография изменения поверхности целлюлозного волокна после обработок в водных растворах

При малой массе хлопковое волокно имеет достаточно развитую поверхность, что обусловливает способность хлопка к адсорбционным процессам. Хлопковые волокна легче льняных. Пучок элементарных волокон в коробочке хлопчатника выглядит мягким и нежным. Такое волокно

облоадает повышенными прядильными свойствами. Элементаные эластичные волоконца легко сцепляются друг с другом, легко выпрямляются, легко соединяются в пряже и скручиваются в прядении.

Сорбированная влага приводит к некоторым изменениям структуры хлопкового волокна. Это явление достаточно широко изучено в работах [1,2].

Дальнейшее изучение внутренней и внешней структуры хлопкового волокна позволит проводить модификацию ее структуры и целенаправленно изменять свойства хлопкового волокна в целом [8,13].

Заключение. В работе показано изменение внешней формы целлюлозного волокна и его поверхности в процессах жидкостных обработок. Сплющенная форма стремится к цилиндрической форме. Изменение поверхности целлюлозного волокна зависит от специфики воздействия водных технологических растворов. Анализ поперечных срезов волокна показал изменение внутреннего объема волокна в сторону его увеличения, что согласуется с изменениями внешней формы волокна.

Полученные данные позволяют предположить, что изменения характеристик поверхности целлюлозного волокна в результате водных обработок в процессе подготовки целлюлозного материала к отделке позволят увеличить адсорбционные свойства целлюлозного волокна в процессах заключительной отделки, увеличение внутреннего объема волокна позволит увеличить сорбционную емкость волокна в процессах сорбции аппретирующих составов.

Результаты исследований представляют научный и практический интерес, так как могут быть использованы для дальнейших исследований по увеличению адсорбционных и сорбционных свойств целлюлозного волокна, увеличению степени использования применяемых аппретов, уменьшения сбросов в сточные воды в процессах заключительной отделки.

Список литературы

1. Badanova A.K., Badanova R.R., Badanov K.I.. Changes of superficial properties of cotton cellulose in processes of preparation and finishing of textile materials // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. – 2014. – Vol. 8. – No. 9. – P. 1-6.
2. Yakunin N., Zavadskii A., Yakunina E., Moryganov A. Structural Inhomogeneity in Cotton Cellulose upon Its Interaction with Water // Polymer Science. – 2010. – Series A. – No. 2.
3. Babu K., Selvadass M., Somashekar R. Characterization of the conventional and organic cotton fibres // Journal of the Textile Institute. – 2013. – Vol. 10.
4. Harzallah O., Benzina H., Drean J. Physical and Mechanical Properties of Cotton Fibers: Single-fiber Failure // Textile Research Journal. – 2010. – Vol. 11.
5. Carbales L., Noureddine A., Haigler C. Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fibers investigated by FTIR spectroscopy // Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 1.
6. Olaru A., Geba M., Ursescu M., Leon A., Lisa G. Changes in cellulosic materials from heritage textiles during ageing treatments // European Journal of Science and Theology. – 2013. – Vol. 6.
7. Fan L., Wang S., Qin P. The Structure and Properties of the Degummed Kosteletzkya Virginica Bast Fiber // International Conference on Chemical Engineering and Advanced Materials. – Changsha, China, 2011. – Vol. 1-3.
8. Bemska J., Szkudlarek J. Surface Modification of Cotton Fabrics for Sublimation Printing // AUTEX Research Journal. – 2013. – Vol. 3.
9. Fu S., Hinks D., Hauser P., Ankeny M. High efficiency ultra-deep dyeing of cotton via mercerization and cationization // Cellulose. – 2013. – Vol. 6.
10. Badanov K.I., Badanova R.R., Kasymova G.A., Tulendiyeva G.O., Rakhmanova Zh.S., Kalmakhanova M.S. A new method of dyeing keratin-containing substrates

and the effect of temperature // The Journal of The Textile Institute. – 2025. – Vol. 116. – No. 1.
11. Yan J., Villarreal N., Xu B. Characterization of Degradation of Cotton Cellulosic Fibers Through Near Infrared Spectroscopy // Journal of Polymers and the Environment. – 2013. – Vol. 4.
12. Ammayappan L., Nayak L., Ray D., Das S., Roy A. Functional Finishing of Jute Textiles – An Overview in India // Journal of Natural Fibers. – 2013. – Vol. 4.
13. Kasymova G.A., Badanov K.I., Badanov I.K., Makhanbetaliyeva K.T., Badanova R.R., Togatayev T.T., Nabiyev D.S., Kalmakhanova M.S. New dispersions for pigment printing binders in the manufacture of light industry goods // The Journal of The Textile Institute. – 2024. – Vol. 115. – No. 10.

Материал поступил в редакцию 24.04.25, принят 12.05.25.

К.И. Баданов[1], И.К. Баданов[2], Р.Р. Баданова[1]

[1]М.Х. Дулати атындағы университеті, Тараз қ., Қазақстан
[2]Сәтпаев атындағы университеті, Алматы қ., Қазақстан

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЕРІТІНДІЛЕРДІҢ ӘСЕРІНЕН МАҚТА ТАЛШЫҒЫНЫҢ СЫРТҚЫ ПІШІНІН, ОНЫҢ БЕТІ МЕН КӨЛЕМІН ӨЗГЕРТУ

Аңдатпа. Жұмыста мақта талшығының беткі сипаттамаларын, әртүрлі технологиялық ерітінділердің әсерінен кейінгі мақта талшығының өзгеруін зерттеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Талшықтың сорбциялық қабілетін талшықтың ішкі арнасының пішіні өзгерген кезде арттыруға болатындығы көрсетілген. Зерттеу нәтижелері сұйықтықпен өңдеу барысында целлюлоза талшығының сыртқы пішіні мен беткі қабаты өзгеріп, ішкі көлемі ұлғаятынын көрсетті, бұл оның адсорбциялық және сорбциялық қасиеттерін арттырады. Бұл дайындалған талшықты материалдарды соңғы әрлеу кезеңінде тиімдірек қолдануға, аппрет құрамдарының шығынын азайтуға және ағынды сулардың ластануын төмендетуге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: целлюлоза, мақта талшығы, микрофибрилалар, талшық беті, көлденең қима, рентген-спектрлік талдау.

K.I. Badanov[1], I.K. Badanov[2], R.R. Badanova[1]

[1]M.H. Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan
[2]University named after Satpayeva, Almaty, Kazakhstan

MODIFICATION OF THE EXTERNAL SHAPE OF COTTON FIBER, ITS SURFACE AND VOLUME UNDER THE ACTION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

Abstract. This study is devoted to the investigation of specific properties of cotton fibers that may change during technological processing and under the influence of special aqueous solutions. The results obtained allow the hypothesis that the sorption properties of cotton fiber can improve due to changes in its external appearance, caused by internal structural changes – specifically, the transition of the fiber's flattened inner channel to a more cylindrical shape. The study showed that during liquid treatments, the external form and surface of cellulose fibers change, accompanied by an increase in internal volume, which enhances their adsorption and sorption properties. These findings can improve the effectiveness of final finishing processes, reduce the consumption of finishing agents, and decrease wastewater pollution.

Keywords: cellulose, cotton fiber, microfibrils, fiber surface, cross section, X-ray spectral analysis.

МРНТИ 64.33.17

Л.Т. Сарттарова[1] – *основной автор*,
А.К. Кадыркулова[2], **А.К. Абдикаева**[3]

[1]*PhD, ассоц. профессор,* [2]*Магистрант,* [3]*Канд. техн. наук*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0001-7268-7620* [2]*https://orcid.org/0009-0004-1701-7578*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-4385-7074*

[1,2,3]*Алматинский технологический университет,*
г. Алматы, Казахстан

@ [1]*25lazzat@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/MFJJ5891

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье представлен процесс разработки специальной одежды для работников добывающей отрасли, обладающей необходимыми защитными характеристиками и высоким эксплуатационным качеством. Методологическая база исследования включает системный анализ, методы синтеза, группировки, сопоставления и научного прогнозирования. Проектирование осуществлялось с учетом профессиональной специфики и условий труда, на основе функционального и конструктивного анализа. Специальная одежда отличается адаптированностью к воздействиям опасных и вредных факторов производственной среды, занимающиеся недродобычей. Результаты работы имеют практическое значение, что подтверждается созданием инновационных промышленных образцов специальной одежды. Модели были разработаны на основе применения системы автоматизированного проектирования «Gemini», представляющей собой программный комплекс конструкторско-технологической подготовки производства швейной продукции. Эта система позволяет более эффективно решать задачи, направленные на повышение качественных характеристик изделий, в том числе специальной одежды.

Ключевые слова: специальная одежда, добывающая промышленность, конструкторско-технологическое решение, автоматизированное проектирование.

Сарттарова, Л.Т. Разработка специальной одежды для работников добывающей промышленности [Текст] / Л.Т. Сарттарова, А.К. Кадыркулова, А.К. Абдикаева //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.257-264. https://doi.org/10.55956/MFJJ5891

Введение. В обращении Главы государства к гражданам подчеркивается: «Следует сфокусироваться на таких направлениях, как глубокая переработка металлов, нефте-, газо- и углехимия, тяжелое машиностроение, конверсия и обогащение урана…», это позволяет резюмировать, что ключевые векторы развития промышленности Казахстана ориентированы на эффективное освоение богатейших запасов полезных ископаемых, при этом в приоритете – добывающая отрасль [1].

Работники добывающей промышленности работают в сложных условиях – как на поверхности, так и под землей, что обуславливает

необходимость в специальной одежде с повышенными защитными свойствами, удобством и функциональностью. Разработка специализированной экипировки, отвечающей производственным требованиям и условиям труда, имеет важное значение для охраны здоровья, безопасности и поддержания эффективности работников.

Специальная одежда является одним из наиболее распространенных видов средств индивидуальной защиты для персонала промышленных предприятий. Так, к защитной экипировке предъявляются основные требования: поддержание комфортного физиологического состояния и продуктивности сотрудников на протяжении всего срока эксплуатации; эффективная защита от опасных и вредных производственных воздействий; защита от токсических влияний и раздражения кожных покровов; высокая износоустойчивость в сочетании с современным художественно-конструкторско-технологическим решением изделия.

Проектирование специальной одежды требует правильного подхода к организации и структурированию предпроектных исследований для последующего моделирования изделий. Модельный ряд специальной одежды формируется на основе маркетинговых исследований: изучение целевой аудитории и её запросов; оценки эксплуатационных характеристик продукции; анализа нормативных требований к данному виду одежды.

Работники добывающего сектора работают в условиях повышенной опасности, включая химически агрессивные среды, значительные механические воздействия, резкие колебания температур, а также риски возгорания и статического электричества. В связи с этим специальная одежда должна отличаться:

– повышенной прочностью (усиленная строчка, армированные элементы, устойчивость к внешним повреждениям);

– специальными защитными свойствами (огнеупорность, влаго- и грязе-отталкивающая обработка);

– оптимизированным микроклиматом (системы вентиляции и терморегуляции);

– практичными конструктивными решениями (эргономичные отделения для инструментария, светоотражающие элементы) [2].

Условия и методы исследования. Согласно концепции, модельный ряд был разработан с учетом: сезонных факторов (летний/зимний варианты), профессиональной специфике (различные направления работ), антропометрических данных (размерный ряд для разных типов телосложения), эргономических принципов (удобство в использовании). Конструктивными особенностями являются регулируемые детали, такие как пояс, манжеты, капюшон; механизмы оперативного снятия, включая застежки-молнии, магнитные крепления; эргономичные карманы (удобные отделения для рабочих инструментов), на рисунке 1 представлены некоторые модели специальной одежды.

При проектировании моделей специальной одежды был применен метод комбинирования декоративных отделок, принтов и текстурных решений. Помимо конструктивных линий, оформление моделей включает контрастные тканевые вставки (красного, темно-синего цвета), функциональную фурнитуру (тесьма-молния, лента «Velcro»), декоративную строчку и фирменный логотип.

Рис. 1. Комплекты специальной одежды

Результаты исследований и их обсуждение. Конструкторско-технологическое решение разработанных эскизов моделей специальной одежды можно реализовать с помощью систем автоматизированного проектирования. Важным аспектом автоматизации проектных процессов является возможность автоматизированного формирования спецификаций и рабочих чертежей. Программные средства позволяют генерировать проектную документацию непосредственно на основе цифровых моделей, это существенно оптимизирует и ускоряет процесс проектирования. При проектировании специальной одежды применялась система автоматизированного проектирования Gemini [3]. Данная программа предназначена для разработки изделий легкой промышленности с учетом технологических и конструктивных требований. Система автоматизированного проектирования одежды Gemini обеспечивает возможность создания конструкций, моделирование и раскладку лекал на материале. Её применение способствует расширению номенклатуры продукции, повышению технологического и эстетического качества швейных изделий, а также сокращению временных затрат на разработку новых образцов моделей. Помимо базового функционала, данная программа включает в себя специализированные модули, ориентированные на решение прикладных задач. На рисунке 2 представлены детали конструкции куртки специальной одежды, разработанные на основе САПР Gemini.

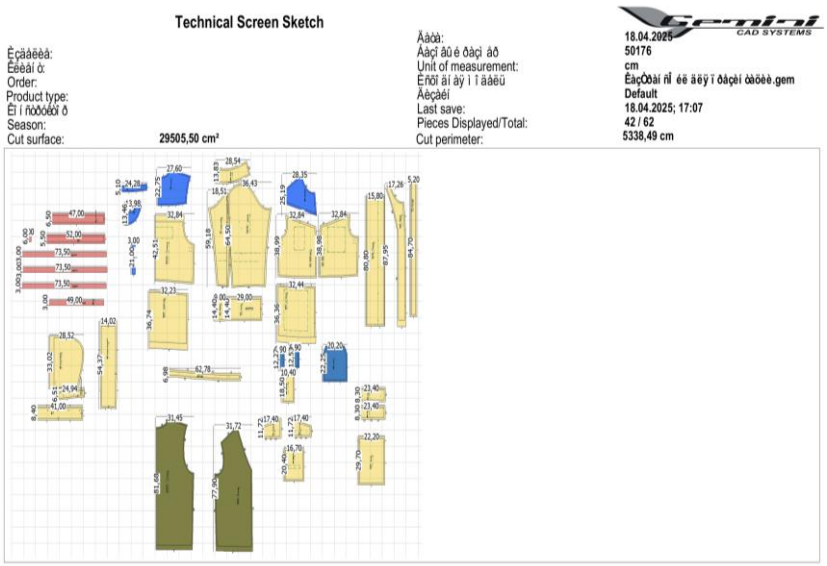


Рис. 2. Детали конструкции куртки

После этапа конструкторской проработки изделия осуществляется процесс изготовления одежды, включающий обработку отдельных элементов, узлов и их последующую сборку. Вместе с тем, в технологии производства специальной одежды имеются значимые отличия, обусловленные специфическими особенностями конструкции и используемых материалов. В связи с этим, для более детального анализа процессов изготовления различных типов специальной одежды целесообразно классифицировать изделия по группам и рассматривать технологические приемы обработки отдельных узлов в соответствии с последовательностью производственного процесса.

Технологические процессы изготовления швейных изделий модифицируются по мере развития методов моделирования и проектирования одежды, появления современного оборудования, а также внедрения комплексной автоматизации производственных операций. Существенную роль при этом играют процессы унификации и стандартизации конструктивных элементов и узлов одежды.

Этапы подготовки и раскроя текстильных материалов для специальной одежды осуществляются по аналогии с операциями как в производстве повседневной одежды, но с учетом её специальной специфики.

Соединение деталей специальной одежды выполняется с использованием ниточного метода. Ниточные соединения могут быть выполнены одной или несколькими параллельными строчками в зависимости от назначения изделия и требований к его прочностным характеристикам, технологическое решение изделия (рис. 3).

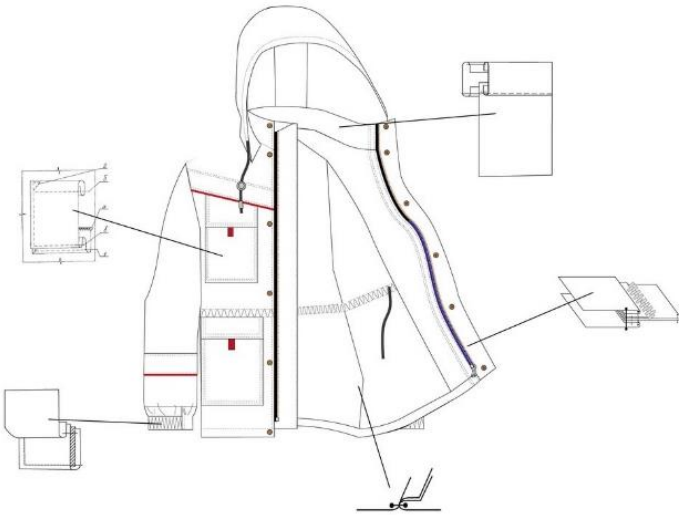


Рис. 3. Технологическое решение куртки

Вопросы разработки специальной одежды для сотрудников различных сфер производства освещены в исследованиях Ю.В. Мачинской, Н.В. Афигеновой, А.А. Абрамова, Е.А Дрофа, И.В. Черуновой, С.В. Боковой и других авторов [4-7]. Фундаментальные принципы конструирования защитной специальной одежды были сформулированы в работах В.Е. Романова. Р.О. Жилисбаевой, Б.Р. Рыскуловой и их коллег [8-10]. Однако, исследование современных средств индивидуальной защиты, применяемых в добывающем секторе, выявило несоответствие специальной одежды фактическим условиям труда. Защитные костюмы зачастую не обеспечивают полноценной безопасности от совокупности воздействия опасных производственных факторов.

В связи с этим, при разработке специальной одежды были учтены различные виды производственных факторов, интенсивные нагрузки и применены следующие стандарты ГОСТ EN 340-2012, ГОСТ 12.4.011-89, ГОСТ 12.4.031-84, устанавливающие общие требования к защитной одежде, ГОСТ 12.4.103 -2020 - средства индивидуальной защиты ног и рук, EN 13034:2005 – для защиты от химических рисков, EN ISO 11612:2015 – для защиты от тепловых рисков, ГОСТ 12.4.251-2013 – для защиты от растворов кислот [11-15].

Указанные стандарты и регламентирующие документы определяют критерии, предъявляемые к качеству применяемых материалов, конструктивным характеристикам и требованиям безопасности, которым должна удовлетворять разработанная специальная одежда, при этом особое внимание было уделено обеспечению её малой массе при сохранении высоких защитных свойств. Такая специальная одежда не только соответствует профессиональной специфики и условиям труда, но и обеспечивает функциональность, эргономичность и комфорт для пользователя.

Заключение. Таким образом, проектирование специальной одежды, предназначенной для использования в условиях добывающей промышленности, требует комплексного и специализированного подхода. Эффективное решение данной задачи заключается в использовании систем автоматизированного проектирования, представляющую собой

интегрированную платформу для комплексной автоматизации процессов конструкторской и технологической подготовки производства одежды. Предлагаемое конструкторско-технологическое решение, адаптированное к определенным зонам тела с учетом их физиологических характеристик и профессиональной нагрузки способствует повышению производительности труда в сложных и неблагоприятных эксплуатационных условиях.

Список литературы

1. Токаев К.Ж. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Экономический курс Справедливого Казахстана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.akorda.kz.
2. Спецодежда для горнодобывающей промышленности: особенности выбора и применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.specodegda.kz.
3. САПР Gemini – система автоматизированного проектирования одежды и обуви [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gemini-cad.com.
4. Мачинская, Ю.В. Проектирование и оценка конструктивных параметров изделий в эргономическом дизайне специальной одежды [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук / Ю.В. Мачинская: 17.00.06. – Санкт-Петербург, 2009. – 20 с.
5. Афиногенова, Н.В. Исследование и разработка спецодежды для рабочих автомобильной промышленности [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук / Н.В. Афиногенова: 05.19.04. – М., 2005. – 20 с.
6. Абрамов, А.В. Проектирование специальной влагозащитной одежды с системой естественной вентиляции пододежного пространства [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.В. Абрамов: 05.19.04. – М., 2007. – 182 с.
7. Дрофа, Е.А. Исследование и разработка пакетов материалов для шумозащитной одежды специального назначения [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Е.А. Дрофа: 05.19.04. – Шахты, 2007. – 188 с.
8. Романов, В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды [Текст] / В.Е. Романов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 128 с.
9. Жилисбаева, Р.О. Методологические основы проектирования специальной одежды для работников металлургической и металлообрабатывающей промышленности [Текст]: дис. … д-ра техн. наук / Р.О. Жилисбаева: 05.19.04. – Алматы, 2007. – 319 с.
10. Рыскулова, Б.Р. Разработка методов проектирования специальной одежды для работающих в фосфорном производстве с учетом защитных свойств материалов [Текст]: дис. … д-ра техн. наук / Б.Р. Рыскулова: 05.19.04. – Алма-Ата, 1995. – 441 с.
11. ГОСТ EN 340–2012. Одежда специальная защитная. Общие технические требования [Текст]. – Введ. 2013–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 26 с.
12. ГОСТ 12.4.011–89. Средства защиты работающих. Общие требования [Текст]. – Введ. 1990–01–01. – Москва: Стандартинформ, 2004. – 5 с.
13. ГОСТ 12.4.031–84. Средства индивидуальной защиты. Определение сортности [Текст]. – Введ. 1985–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2004. – 5 с.
14. ГОСТ 12.4.103–2020. Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты ног и рук [Текст]. – Введ. 2022–10–01. – Москва: Стандартинформ, 2023. – 18 с.
15. ГОСТ 12.4.251–2013. Одежда специальная для защиты от растворов кислот [Текст]. – Введ. 2014–03–01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

Материал поступил в редакцию 05.05.25, принят 10.06.25.

Л.Т. Сарттарова[1], А.К. Кадыркулова[1], А.К. Абдикаева [1]

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

ӨНДІРУШІ ӨНЕРКӘСІП ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНЕ АРНАЛҒАН АРНАЙЫ КИІМДІ ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Мақалада қажетті қорғаныс сипаттамалары мен жоғары пайдалану сапасына ие өндіруші саланың қызметкерлеріне арналған арнайы киімді әзірлеу процесі ұсынылған. Зерттеудің әдіснамалық базасы жүйелік талдауды, синтездеу, топтастыру, салыстыру және ғылыми болжау әдістерін қамтиды. Жобалау функционалды және конструктивті талдау негізінде кәсіби ерекшеліктер мен еңбек жағдайларын ескере отырып жүзеге асырылды. Арнайы киім өндіріспен айналысатын өндірістік ортаның қауіпті және зиянды факторларының әсеріне бейімделуімен ерекшеленеді. Жұмыс нәтижелері практикалық маңызға ие, бұл арнайы киімнің инновациялық өнеркәсіптік үлгілерін жасаумен расталады. Бұйымдар, тігін өнімдерін өндірудің конструкторлық-технологиялық дайындығының бағдарламалық кешені болып табылатын "Gemini" автоматтандырылған жобалау жүйесін қолдану негізінде әзірленді. Бұл жүйе бұйымдардың, оның ішінде арнайы киімнің сапалық сипаттамаларын арттыруға бағытталған міндеттерді тиімдірек шешуге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: арнайы киім, өндіруші өнеркәсіп, конструкторлық-технологиялық шешім, автоматтандырылған жобалау.

L.T. Sarttarova[1], A.K. Kadyrkulova[1], A.K. Abdikayeva[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF SPECIAL CLOTHING FOR EMPLOYEES OF THE MINING INDUSTRY

Abstract. The article presents the process of developing special clothing for workers in the mining industry, which has the necessary protective characteristics and high operational quality. The methodological base of the research includes system analysis, methods of synthesis, grouping, comparison and scientific forecasting. The design was carried out taking into account professional specifics and working conditions, based on functional and constructive analysis. Special clothing is characterized by adaptability to the effects of dangerous and harmful factors of the production environment, engaged in mining. The results of the work are of practical importance, which is confirmed by the creation of innovative industrial designs of special clothing. The models were developed based on the application of the Gemini computer-aided design system, which is a software package for the design and technological preparation of sewing products. This system makes it possible to more effectively solve problems aimed at improving the quality characteristics of products, including special clothing.

Keywords: special clothing, mining industry, design and technological solution, computer-aided design.

References

1. Tokaev, K.Zh. Address of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the People of Kazakhstan “The Economic Course of a Fair Kazakhstan” [Electronic resource]. – Access mode: https://www.akorda.kz. [in Russian].
2. Special clothing for the mining industry: features of selection and use [Electronic resource]. – Access mode: https://www.specodegda.kz. [in Russian].
3. CAD Gemini – Computer-aided design system for clothing and footwear [Electronic resource]. – Access mode: https://www.gemini-cad.com. [in Russian].

4. Machinskaya, Yu.V. Proektirovanie i otsenka konstruktivnykh parametrov izdeliy v ergonomicheskom dizayne spetsial'noy odezhdy [Design and evaluation of structural parameters of products in ergonomic design of special clothing]: PhD thesis abstract. – St. Petersburg, 2009. – 20 p. [in Russian].
5. Afinogenova, N.V. Issledovanie i razrabotka spetsodezhdy dlya rabochikh avtomobil'noy promyshlennosti [Research and development of special clothing for automotive industry workers]: PhD thesis abstract. – Moscow, 2005. – 20 p. [in Russian].
6. Abramov, A.V. Proektirovanie spetsial'noy vlagozashchitnoy odezhdy s sistemoy estestvennoy ventilyatsii pododezhnogo prostranstva [Design of special waterproof clothing with a natural ventilation system for the underclothing space]: PhD thesis. – Moscow, 2007. – 182 p. [in Russian].
7. Drofa, E.A. Issledovanie i razrabotka paketov materialov dlya shumozashchitnoy odezhdy spetsial'nogo naznacheniya [Research and development of material packages for special noise-protective clothing]: PhD thesis. – Shakhty, 2007. – 188 p. [in Russian].
8. Romanov, V.E. Sistemnyy podkhod k proektirovaniyu spetsial'noy odezhdy [A system approach to designing special clothing]. – Moscow: Light and Food Industry, 1981. – 128 p. [in Russian].
9. Zhilisbaeva, R.O. Metodologicheskie osnovy proektirovaniya spetsial'noy odezhdy dlya rabotnikov metallurgicheskoy i metalloobrabatyvayushchey promyshlennosti [Methodological foundations of designing special clothing for workers in the metallurgical and metalworking industries]: Doctoral dissertation. – Almaty, 2007. – 319 p. [in Russian].
10. Ryskulova, B.R. Razrabotka metodov proektirovaniya spetsial'noy odezhdy dlya rabotayushchikh v fosfornom proizvodstve s uchetom zashchitnykh svoystv materialov [Development of design methods for special clothing for workers in the phosphorus industry, considering protective properties of materials]: Doctoral dissertation. – Almaty, 1995. – 441 p. [in Russian].
11. GOST EN 340–2012. Odezhda spetsial'naya zashchitnaya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya [Protective clothing – General requirements]. – Introduced: 2013–01–01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 26 p. [in Russian].
12. GOST 12.4.011–89. Sredstva zashchity rabotayushchikh. Obshchie trebovaniya [Occupational safety means. General requirements]. – Introduced: 1990–01–01. – Moscow: Standartinform, 2004. – 5 p. [in Russian].
13. GOST 12.4.031–84. Sredstva individual'noy zashchity. Opredelenie sortnosti [Personal protective equipment. Determination of quality grade]. – Introduced: 1985–07–01. – Moscow: Standartinform, 2004. – 5 p. [in Russian].
14. GOST 12.4.103–2020. Odezhda spetsial'naya zashchitnaya. Sredstva individual'noy zashchity nog i ruk [Protective clothing. Personal protective equipment for feet and hands]. – Introduced: 2022–10–01. – Moscow: Standartinform, 2023. – 18 p. [in Russian].
15. GOST 12.4.251–2013. Odezhda spetsial'naya dlya zashchity ot rastvorov kislot [Special clothing for protection against acid solutions]. – Introduced: 2014–03–01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 20 p. [in Russian].

IRSTI 64.33.14

A.B. Dzholdoshova[1] – *main author*,
M. Yeziyeva[2]

[1]*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*, [2]*PhD, Associate Professor*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-3703-6379* [2]*https://orcid.org/0000-0003-1265-9155*

[1]*I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyz Republic*
[2]*Akdeniz University, Antalya, Turkey*

[1]*abdjoldosheva@kstu.kg*

https://doi.org/10.55956/IYOS9600

THE INFLUENCE OF MATERIAL PROPERTIES ON THE DESIGN OF CLOTHING COLLECTIONS

Abstract. The article examines the influence of the properties of textile materials on the design of clothing, emphasizing its role in the aesthetic and functional characteristics of products. The main characteristics of materials affecting the design and quality of a clothing collection, types of materials and textures, their properties and influence on design decisions, as well as the interaction of texture with color and light are considered. Current trends are discussed, including sustainable production and innovative technologies, features and equipment in the manufacture and processing of fabric and knitwear.

Keywords: design, texture, textile material, knitwear, clothing collections, design, smooth, embossed, combined.

Dzholdoshova A.B., Yeziyeva M. The influence of material properties on the design of clothing collections //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.265-274. https://doi.org/10.55956/IYOS9600

Introduction. In recent decades, the textile industry has changed under the influence of technology and consumer preferences. The texture of materials has become a key factor influencing the perception and choice of clothing, determining comfort, durability and care. In today's market, understanding the impact of texture on clothing design is especially important. The purpose of this study is to analyze the influence of texture of textile materials on the design of clothing, which requires solving problems of determining the characteristics and classification of texture, studying its relationship with aesthetic and functional properties, analyzing successful examples of the use of texture in design from various brands and identifying consumer preferences.

There are many studies devoted to various aspects of textile materials and their impact on fashion design. In the works of such authors as Y.S. Prushinskaya, Y.L. Gerasimova, the main properties of fabrics and their influence on the perception of products are considered [1,4,5]. Thus, despite the existence of a significant amount of research in this area, the need for a more in-depth analysis of the effect of the texture of textile materials on the design of clothing remains relevant, which determines this study.

The range of materials used for making clothes is very wide: a variety of fabrics, knitwear, non-woven materials, leather, fur, etc. Their properties vary

significantly. When designing clothes, the criteria should be taken into account: the model is created from a specific material and the fact that the material is selected depending on the creative idea. In both cases, you need to know the properties of the materials, as well as how they affect shaping.

The main properties of materials that must be taken into account when modeling and designing are rigidity (flexibility), drapability, stretchability and shrinkage in various directions, molding ability and elasticity, thickness, vertical and horizontal density, surface density (mass). The properties and appearance of the material are determined both by the properties of the yarn (threads) – fiber composition, thickness, structure (twist), etc., and the features of its structure (weave), texture (pile, gloss, etc.), pattern [2].

The physical, mechanical and technological properties that directly affect the result of the costume collection are also important – appearance, fit, and absence of defects. When choosing fabrics, the properties of their elongation in the oblique direction should be taken into account. In fabrics with a large elongation, distortions are possible. This is especially true for the oblique sections of the model parts. During wet-heat treatment, individual sections of such parts may change their shape, and the appearance of the product may be distorted. Therefore, when developing a particular design associated with cuts at different angles to the shared thread, it is necessary to tighten the cut parts. The unevenness of the drawbar is aligned according to the patterns and cut off. If the fabric has a high stretchability and cannot be stretched, then the finished product will not match the intended shape.

When designing a model, the ability of materials to shrink during wet heat treatment or humidification should be taken into account. For example, cotton fabrics can shrink by 10-12%, staple fabrics by 15%, boucle-type pure wool fabrics by 8-10%, and carpet or gabardine fabrics by 5-10%. It is recommended that fabrics made of natural raw materials be pre-soaked in water, i.e. decoated. Shrinkage data should be taken into account when designing models made of different materials, such as upper, lining, gaskets, etc.

The forming ability of materials, the ability to form and fix the resulting shape, is taken into account when calculating and constructing the details of the product design. The three-dimensional shape of the model or its parts can be obtained by changing the angle between the warp and weft threads by pulling them off, pressing them, stretching them during wet heat treatment and then fixing them. This property is possessed by materials made of pure wool fibers. The cortical layer of these fibers, during wet-heat treatment, contributes to the creation of a particular shape, and then its long-term retention. Materials that are resistant to shrinkage, and therefore to molding abilities, are poorly served by wet-heat treatment. A certain shape of the part, in this case, is achieved due to a constructive solution, by introducing seams, darts, etc. Knitwear materials have a good molding ability. Due to the mobility of its structure, it can smoothly fit the surface of the human body. When shaping a knitwear model, the stretchability of knitwear (from 40% to 100% or more) should be taken into account, especially when designing products that fit snugly, without darts.

The crumbling of fabrics by sections negatively affects the design of products with undercuts, complex contour lines of the part, with welt pockets, buttonholes, gussets in one-piece sleeves, etc. If you make a product with such features, the fabric in these places will not spread over time and the product will lose its strength and appearance. It is better to avoid making models with such features from crumbled fabrics. It is recommended, when cutting parts from

heavily crumbled fabrics, to increase the width of the seams by 1.5-2 times and take into account additional allowances for the processing of cuts.

The elasticity of materials and their crease strongly affect the appearance of the model. The denser the fabric and more frequent the weave, the less the possibility of mutual shifting of the warp and weft threads, the greater its elasticity and less crease. Highly wrinkled material should not be used in too narrow, figure-hugging forms, draperies, pleats, pleats. These materials negatively affect the appearance of the model, giving it a casual look. In exceptional cases, it is considered accepted. This is especially true for products made of high-quality materials with natural fibers, such as linen, cotton, eelasticity of materials and their crease strongly affect the appearance of the model. The denser the fabric and more frequent the weave, the less the possibility of mutual shifting of the warp and weft threads, the greater its elasticity and less crease. Highly wrinkled material should not be used in too narrow, figure-hugging forms, draperies, pleats, pleats. These materials negatively affect the appearance of the model, giving it a casual look. In exceptional cases, it is considered accepted. This is especially true for products made of high-quality materials with natural fibers, such as linen, cotton, etc.

In order to avoid scorching of materials, las, and discoloration of the material, it is necessary to strictly observe the technical conditions and temperature conditions recommended for materials of various compositions during wet and thermal work. So, to avoid seams, paper or an ironer is placed under the allowances. It should be noted that fabrics of blue, turquoise, light gray tones and white fabrics are especially sensitive to high temperatures. Products made of fabrics with artificial fibers should be minimally moistened and not stretched during wet-heat treatment.

The texture of a material is the structure of its front surface. By interweaving the threads of the fabric, patterns of various structures are obtained on the fabric. They are obtained using the following weaves of warp and weft threads: simple smooth (linen, twill, satin, satin) or finely patterned (matting, reinforced twill, diagonal, crepe); complex (double, pile, openwork); large-patterned jacquard (fabrics with large patterns, patterns of flowers, geometric shapes, etc.). Due to this, the surface of the mat this, the surface of the materials can be smooth, rough, pile, shiny, matte, pressed, ribbed, fluffy, combined.

Due to this, the surface of the materials can be smooth, rough, pile, shiny, matte, pressed, ribbed, fluffy, combined, with fleece, etc. To take into account how the material and its texture will behave when creating a model, it is recommended to check it on a mannequin or human figure. You should pay attention to whether the material drapes and falls softly or sticks out (that is, soft tails and assemblies do not work), how the texture and basic properties of the material will affect the appearance of the model. It is necessary to see how the material will affect the appearance of the customer of the model and whether it suits him.

When designing a model, the scale, size, and location of the pattern on the material should be taken into account. It is necessary that the drawing does not confuse the shapes and is positioned on the model so that the figure does not visually deform. To do this, a number of rules should be taken into account when designing clothes. When cutting product parts, you can ignore the pattern of the material if it is small or medium in size, without a pronounced color scheme, with a completely filled background, and does not have the following features. If the pattern has a top and bottom, it is recommended to throw the fabric over the mannequin or figure, so that the pattern is pointing up on one side and down on the other. Such a search will help to find the best, more expressive solution in the

arrangement of the drawing. Fabrics with a large pattern should be used in simple, concise forms, without a large number of seams. If the material pattern is in the form of stripes, garlands, etc., the size of the pattern, its direction, the location of the centerline, and the overall color scheme should be taken into account. A drawing can visually distort a figure if its location is concentrated at the level of the protruding points of the chest, thighs, buttocks, and abdomen. When cutting, it is necessary to ensure that the pattern matches on the paired parts and darts. The pattern's rapport should be maintained along the midlines of the back and front, at the junctions of the yoke and bodice, bodice and skirt, and along the bottom of the product.

The drawing should not end in the middle. It should be remembered that on printed fabrics, reliefs, wedges, undercuts, and small details are hardly noticeable. The drapery on such fabrics is featureless and only its silhouette is perceived. The drapery looks good on a smooth-colored fabric that sets off each coat tail or fold. In striped fabric models, it is not recommended to use three different stripe directions at the same time – longitudinal, transverse and oblique. This splitting of the bands overloads the model and tires it out. When cutting the details of a striped and checkered model, it is necessary to ensure that the pattern matches on the paired parts and darts. The pattern’s rapport should be maintained along the midlines of the back and front, at the junctions of the yoke and bodice, bodice and skirt, and along the shoulder lines. In a striped or checkered product, the transverse stripes on the bodice and on the sleeve should be located at the same level, that is, they match. It should be remembered that the pattern of stripes and cells is carelessly refracted at the stitching points of the darts. It is necessary to model the tuck so that the pattern on one side retains its longitudinal position, and on the other it is semi-oblique and converges in a herringbone pattern. In adjacent products, along the midline of the back, the stripes or cages should converge to the waistline in a herringbone pattern, and they maintain an upright position from the waistline. It should be remembered that vertical sparse lines on the product visually lengthen the figure, while horizontal lines expand the silhouette. But frequent vertical thin lines expand the silhouette, while horizontal ones lengthen it. At the same time, wide stripes, both horizontal and vertical, visually expand the silhouette. Large drawings visually enlarge the figure, while small ones decrease it. The figure will appear taller if the model is sewn from a dark–striped material, and lower and fuller if it is sewn from a light-striped material. The color, texture, and properties of the suit’s materials make it either heavier or lighter. Embossed, rough, fleecy fabrics increase the volume of the suit, and conversely, a smooth, shiny or glossy surface reduces its volume.

The color of the material plays a significant role in the visual perception of the model and its compositional solution. Color, more than other signs, has an emotional effect on a person. The influence of color on human psychology is a whole science. But when designing clothes, you should always take into account a number of the most important recommendations:

– if different colors are combined in a suit, then one should always dominate, be the main one, the leading one. Other colors, related or contrasting, should reveal the main color;

- the same color is perceived differently in tissues of different structures.; more active colors in the shape create movement in their direction; light drawings on a dark background will appear larger than dark drawings of the same size on a light background;

– full figures in cold or dark-colored suits appear to have less volume, while in light or warm-colored suits they will appear more voluminous;

- it should be noted that white increases the volume visually, while black decreases it.

The texture of textile materials is a set of physical and visual characteristics of a fabric that determine its appearance, tactile sensations and behavior during operation. This concept covers aspects such as surface structure, density, stiffness, elasticity, and other properties that affect the perception of a material by both designers and consumers. Texture can be both natural and artificial, and it plays a key role in creating a unique style and image of clothing.

The texture not only determines the visual perception of the product, but also affects its functional characteristics. For example, smooth fabrics can create an elegant and sophisticated look, while embossed textures can add volume and dynamism to a design. Thus, understanding texture is an important aspect in designing clothes, as it forms not only the aesthetic, but also the practical perception of the product.

The textures of textile materials can be classified into several categories depending on their visual and tactile characteristics.

The main texture groups include:

1. Smooth textures: These fabrics are characterized by a smooth and uniform surface. Examples of smooth textures include satin, silk, and polyester. Smooth textures are often used in evening and business wear, as they create an effect of sophistication and elegance.

2. Relief textures: These materials have pronounced relief elements that can be created by weaving or surface treatment. Examples of relief textures include velvet, jacquard, and embroidered fabrics. Relief textures add depth and interest to the design, and can also be used to create accents in clothing.

3. Combined textures: These fabrics combine elements of both smooth and embossed textures. Combined textures can be created by using different processing technologies or combining several types of fabrics in one product. Such textures allow designers to experiment with contrasts and create unique visual effects.

Each of these texture categories has its own characteristics and applications in fashion design, which allows you to create a variety of images and styles.

The texture of textile materials has a significant impact on both the physical and aesthetic properties of fabrics. In terms of physical properties, texture determines characteristics such as strength, wear resistance, breathability, and thermal insulation. For example, embossed textures can provide better breathability due to the presence of air pockets between the fibers, which makes such fabrics more comfortable to wear in warm weather. In contrast, smooth fabrics may be more susceptible to damage, but they are usually easier to clean and maintain.

The aesthetic properties of fabrics are also closely related to their texture. Smooth fabrics create a sense of simplicity and minimalism, which may be relevant for modern design solutions. Relief textures, on the contrary, attract attention and can become the main accent in the image. In addition, texture affects the perception of color: smooth surfaces are usually perceived as brighter and more saturated, while embossed ones can soften color shades. Thus, understanding the relationship between the texture of textile materials and their physical and aesthetic properties is a key element in the clothing design process. This knowledge allows designers to make informed decisions when choosing fabrics for their collections and create products that meet the needs of consumers both in terms of functionality and aesthetics.

The texture of fabrics in fashion is a multi-layered and historically determined aspect of textile design that has evolved over time, starting with the Renaissance, when velvet and satin symbolized status and wealth. In the Victorian era, a variety of textures such as silk, wool, and cotton were used to create intricate layered dresses with ruffles and lace, giving them volume and depth. The twentieth century became an era of experimentation with synthetic materials such as nylon and acrylic, which contributed to the emergence of unique textures within the Art Deco and minimalist styles. Modern trends focus on environmental friendliness and sustainable development, which is manifested in the use of recycled materials and natural fibers that create pleasant-to-touch fabrics. Technological innovations, including smart fabrics with variable textures, open up new horizons for designers, allowing them to combine functionality and style. A mix of textures is becoming a popular technique where different materials are combined, creating visual interest and emphasizing design elements, which confirms the importance of texture as an integral component of the modern fashion context.

Texture in fashion design is a key element that not only enriches visual perception, but also affects the functionality and wearability of products. In this context, let’s look at the practices of well-known designers and brands that actively use textural solutions in their collections.

The Chanel brand, one of the leaders of Karl Lagerhold, has become an intellectual and an innovator in the fashion world. Lagerfeld masterfully combined traditional elements with modern textures, creating classic tweed jackets that featured sophisticated textures and comfort. He incorporated a variety of materials into his collections, including leather, metal and glass inserts, which allowed him to create multi-layered images reflecting both the brand's heritage and current trends.

Alexander McQueen, known for his bold and provocative approaches to design, used texture as a means of expressing conceptual ideas. His lectures, as well as Plato’s Atlantis, were devoted to special topics, including world topics. McQueen actively used embroidery, embossing and non-standard materials, which allowed him to create unique images that combined art and fashion.

The Balenciaga brand, led by Denis Gavasalia, has also become the inventor of its own innovative catwalk in technology. Gvasalia actively uses three-dimensional shapes and unexpected combinations of materials such as neoprene and denim. His works are characterized by a pronounced texture, which makes them easily recognizable and relevant in the context of modern fashion trends.

Thus, the use of texture in fashion design is a multifaceted phenomenon with a rich history. Studying the cases of designers such as Alexander McQueen and Demna Gvasalia allows us to better understand the importance of texture in fashion and its impact on the perception of clothing. Texture not only enriches the visual design language, but also serves as a means of conveying emotions and conceptual ideas, making it an integral part of modern fashion discourse.

Thus, the use of texture in fashion design has a rich history and continues to evolve in modern trends. Studying the historical context, modern trends and cases of famous designers allows us to better understand the importance of texture in fashion and its impact on the perception of clothing.

Materials and methods. Based on the theoretical analysis, an experimental study was conducted to determine the influence of textile material texture on clothing design. The study examined how different textures affect the perception of clothing by using various pattern samples. Participants were asked to evaluate the samples based on the following criteria: attractiveness, comfort, and style.

The target audience consisted of students from fashion schools, designers, and general consumers. The data collection process included the development of questionnaires and sample sets, which were then presented to participants in both online and offline survey formats within a controlled environment.

The collected data were analyzed using statistical methods, and the findings were as follows:

– 65% of respondents preferred natural fabrics, while 25% favored synthetic ones.

– 70% of participants believed that texture influences style.

– 80% reported a noticeable change in impression depending on the texture.

For most respondents, soft fabrics were associated with comfort, making lightweight textures desirable for summer wear and warmer textures for winter clothing. Additionally, texture was identified as a tool for self-expression, particularly among younger individuals throughout the year.

Research results. The results of the experiment showed that the participants preferred clothes with textures that evoked positive associations. For example, 85% of the participants rated samples with soft textures (corduroy, cashmere) higher compared to rough textures (denim, coarse wool). The choice of texture was also influenced by the mood of the participants at the moment.

In general, the results obtained emphasize the importance of texture as a key element of consumers' perception and choice of clothing. This knowledge can be used by designers to create collections that meet the expectations and preferences of the target audience [2].

The results of our study confirm the existing theories that the texture of clothing plays a significant role in the perception of style and the emotional response of consumers. For example, research conducted in the field of fashion psychology shows that textures can evoke certain associations and emotions, which is consistent with our findings on the preference of soft fabrics to create a sense of comfort.

In recent years, there has been a growing interest in environmentally friendly and natural materials, which is confirmed by our results on the preference for natural fabrics. This is consistent with the global trend towards sustainable fashion, where consumers opt for materials that are not only aesthetically pleasing, but also environmentally friendly.

Currently, consumers are striving to find a balance between functionality and aesthetics, which is also supported by existing research in the field of consumer behavior. This highlights the importance of creating collections that meet both the practical and emotional needs of customers. One of the main limitations of our study is the size and composition of the sample. Although we tried to include diverse groups of respondents, certain demographic characteristics (e.g. age, gender, social status) may be incompletely represented, which limits the generalization of the results [3].

If you sew a product using the same patterns from materials with different properties, they will look different on the same figure, as they will differ in shape, size, and plastic. For example, a flared skirt made of stiff fabric on the figure will have a smooth conical shape, and a draped one will have a conical shape with tails. The better the fabric drapes, the more the tail is formed and the skirt appears less extended to the bottom. As you know, the maximum elongation of fabrics occurs when they are stretched at an angle of 450 to the warp threads.

If the molding ability of the fabric is poor, a smooth volumetric shape can only be obtained constructively – by introducing seams, darts. With a good molding ability of the material, the same volumetric shape can be obtained by changing its structure: the angle between the warp and weft threads by stretching, stretching, and planting. An example of a material that, due to the mobility of its structure, smoothly fits the surface of the human body is knitwear with good stretchability. Elastomeric filaments (fibers) were used to give some stretchability to fabrics. However, the properties of fabrics and knitwear still differ significantly due to the different structures of these materials. Recently, knitwear has become increasingly common. This is due, firstly, to its excellent consumer qualities – comfort, a huge variety of properties, appearance, good fit on various shapes, even significantly different from the typical ones, etc. Secondly, knitting production is much more efficient than weaving, which is why it is rapidly developing all over the world – more and more advanced equipment is emerging for all stages of the production of knitwear for various purposes.

Modern equipment makes it possible to produce high-quality knitwear in large specialized enterprises, small enterprises, and even in everyday life. The range of yarns and yarns for the production of knitwear is becoming more and more diverse. Knitwear provides unique opportunities to embody the creative ideas of a designer who can choose and combine yarns and threads himself, create a variety of textures, patterns, coloristics, product shape, and finishing elements. The properties of knitwear are very diverse and depend on a number of factors. Knitted fabric is formed from threads or yarns bent in the form of loops, intertwined with each other. The loops form horizontal loop rows and vertical loop columns. There is a distinction between cross-knitted (knitwear) and basic knitwear. In cross-knitted knitwear, as in hand knitting, looped rows are formed by successively bending and looping one or more threads. After forming loops in one row, the thread moves to the next row, etc. to obtain the basics of knitted knitwear, a whole system of threads (bases) is required, since each loop column uses its own thread. The columns are connected to each other in different ways, forming a variety of interlacing [3]. To produce loops in knitting machines, special needles are used, the thickness of which depends on the size of the loop. The thickness of the knitting machine needle is determined by its class. The thinner the needles (higher grade), the closer they are to each other in the machine – the loops are smaller, so a thinner yarn should be used.

Transversely knitted knitwear can be made on flat-knitting and round-knitting machines. In the second case, the needles are placed on the needle cylinder and the fabric is knitted with a “tube” (stocking). The width of the resulting “tube” of the web mainly depends on the diameter of the cylinder and the class of the machine. The width of the web is also influenced by the type of raw materials, the linear density of yarn or threads, the weave, and the knitting density. Circular knitting machines of appropriate diameters produce a web for products without side seams [3]. According to the production method, knitwear is usually divided into regular, semi-regular, cropped and combined. The details of regular products are knitted along the contour and only sometimes tinted in separate areas, usually along the neck line. The details of semi-regular products are cut out of coupons, which are strips of knitted fabric earned from the bottom and obtained from circular knitting and flat knitting machines.

With the combined manufacturing method, the main parts can, for example, be cut out of the canvas, the finishing parts can be tied in a regular way. The production method dictates the requirements for the shape and design of the

product. For example, for regular and semi-regular products, the number of connecting seams should be as small as possible, the contours of the parts are designed in a simple configuration, the bottom lines are horizontal, since the lower rows of coupons and knitted parts are earned.

In order to avoid lowering the hinges, the sections of the parts are most often swept before or during processing. There is a huge fleet of sewing equipment specialized for processing various types of knitwear and performing various stitches, seams and knots of knitwear. In products made of cross-knitted knitwear of medium and high stretchability, it is impractical to design stitching seams in the transverse and close to it direction, since they will be highly stretched. In order to obtain products of specified sizes and shapes that are stable during operation, it is very important to carefully observe the technological modes at all stages of the production of fabrics and products, as well as taking into account the characteristics of knitwear when developing the design. Thus, when designing clothes, it is necessary to take into account the basic properties of materials that affect shaping [4].

Future research may focus on increasing the diversity of the sample, including more participants from different cultural and social groups to better understand the impact of texture on clothing choice.

Speaking of prospects, conducting long-term research will allow us to better understand the dynamics of perception of texture in the context of time. Studying the influence of texture on the perception of clothing in different countries and cultures can provide a more complete understanding of how cultural differences affect the choice of fabrics and styles, which also helps in observing consumer behavior in stores or analyzing purchasing decisions in real time.

Research may also focus on the impact of new technologies on texture perception and clothing choice, especially in the context of online shopping. In conclusion, our research highlights the importance of texture as a key element in consumers' perception and choice of clothing. Despite the existing limitations, the results open up new horizons for further research in this area.

Conclusion. Designers are encouraged to take into account the preferences of their audience, explore emotional reactions to textures, and experiment with combinations of them to enhance the attractiveness of products. Manufacturers should invest in the development of environmentally friendly fabrics and conduct educational campaigns about the benefits of sustainable choice.

Texture also plays a key role in sustainable fashion design, influencing the environmental footprint and social responsibility of production. The emotional connection between the consumer and the product becomes important in a competitive market. Taking into account the research results, designers and manufacturers can create more responsible collections that meet modern requirements.

References

1. Prushinskaya Yu. S., Gerasimova Yu. L., Pershukevich G. V. The influence of texture on modern costume // International Student Scientific Bulletin. – 2018. – No. 2. – P. 92.
2. Safronova I. N., Balland T. V. The influence of plastic properties of fabrics on the nature of clothing forms // Eurasian Scientific Association. – 2020. – No. 2-6. – P. 409-412.
3. Sadullayeva D. A., Khamraev S. H. Properties of materials taken into account in the design of clothing // Young Scientist. – 2017. – No. 14 (148). – P. 123-125.

4. Saidova Z. M. Production of clothing with various structures of artistic felt // Eastern Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. – 2024. – Vol. 4. – No. 1. – P. 69-75.
5. Saidova Z. Principles of development of Uzbek folk applied decorative art // International Journal of Multidimensional Research and Analysis. – 2022. – No. 5-6.
6. Abdullayeva F. S., Nishanova S. D., Rashidov A. Z., Zaripova M. A., Dehkanova R. E. Factors influencing the formation of clothing as a component of ethnic culture in Mesopotamia in Central Asia // Primary Education Online. – 2020. – Vol. 19. – No. 4. – P. 832-836.

Received: 30 May 2024
Accepted: 18 June 2025

А.Б. Джолдошева[1], М.М. Езиева[2]

[1]И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік Техникалық Университеті, Бишкек қ., Қырғыз Республикасы
[2]Акдениз университеті, Анталия қ., Түркия

КИІМ ТОПТАМАЛАРЫН ЖОБАЛАУДАҒЫ МАТЕРИАЛДАР ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақалада тоқыма материалдардың қасиеттері киімді жобалаудағы әсері зерттеледі, олардың бұйымдардың эстетикалық және функционалдық сипаттамаларындағы рөлі атап өтіледі. Киім топтамасының дизайны мен сапасына әсер беретін материалдардың негізгі сипаттамалары, материалдар мен фактуралардың түрлері, олардың қасиеттері және дизайнерлік шешімдеріне әсері, сонымен қатар, фактураның түс пен жарықпен әрекеттесуі қарастырылады. Ағымдағы үрдістер, оның ішінде тұрақты өндіріс пен инновациялық технологиялар, маталар мен трикотаж бұйымдарын өндіру мен өңдеудегі жабдықтар мен ерекшеліктері талқыланады.

Тірек сөздер: дизайн, фактура, тоқыма материал, трикотаж, киім топтамасы, жобалау, тегіс, өрнекті, біріктірілген.

А.Б. Джолдошева[1], М.М. Езиева[2]

[1]Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызская Республика
[2]Университет Акдениз, г. Анталья, Турция

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ОДЕЖДЫ

Аннотация. В статье исследуется влияние свойств текстильных материалов на проектирование одежды, подчеркивая ее роль в эстетических и функциональных характеристиках изделий. Рассматриваются основные характеристики материалов, влияющие на дизайн и качество коллекции одежды, типы материалов и фактур, их свойства и влияние на дизайнерские решения, а также взаимодействие фактуры с цветом и светом. Обсуждаются современные тенденции, включая устойчивое производство и инновационные технологии, особенности и оборудование при изготовлении и обработке ткани и трикотажа.

Ключевые слова: дизайн, фактура, текстильный материал, трикотаж, коллекции одежды, проектирование, гладкие, рельефные, комбинированные.

МРНТИ 64.29.09

Э.Е. Сарыбаева[1] – *основной автор*,
Г.Т. Ораз[2], Б. Абзалбекулы[3], М.Ш. Шардарбек[4],
Р.Т. Кауымбаев[5], Ф.Р. Ташмухамедов[6], Ж.К. Боркулакова[7]

[1,2]PhD, ст. преподаватель, [3]PhD, ассоц, профессор,
[4]Канд. техн. наук, доцент, [5]PhD, [6]PhD, и.о. доцента, [7]Докторант

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-7579-5061 [2]https://orcid.org/0000-0002-7652-5319*
[3]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388 [4]https://orcid.org/0000-0002-9787-5684
[5]https://orcid.org/0000-0002-6538-5947 [6]https://orcid.org/0000-0001-7579-5061
[7]https://orcid.org/0000-0001-5382-9064

[1,2,3,4,5,6,7]Таразский университет им. М.Х. Дулати,
г. Тараз, Казахстан

@ *[1]elvira-ermek-@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/GMSL4181

МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И СОСТОЯНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ (СЭМ)

Аннотация. В данной работе методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) изучена микроструктура шерстяных волокон разных типов (грубые, полугрубые, тонкие) и разного состояния (мытые, немытые, окрашенные). На основе полученных изображений проведен сравнительный анализ морфологических особенностей волокон: чешуйчатая структура, пористость, наличие микротрещин и других дефектов. Установлено, что вид шерсти и способ обработки существенно влияют на состояние поверхности волокна и его физико-механические свойства. Исследованиями установлено, что тонкие волокна, такие как мериносовая шерсть, особенно подвержены повреждениям при крашении. Состав и структуру волокон можно точно определить с помощью количественных методов анализа на основе ГОСТ Р ИСО 17751-2016. Полученные данные могут помочь оптимизировать технологию обработки шерсти и повысить качество текстильных изделий.

Ключевые слова: микроструктура, сканирующая электронная микроскопия, тонкая шерсть, грубая шерсть, морфология волокон.

Сарыбаева, Э.Е. Микроструктурный анализ шерстяных волокон различных типов и состояний с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) [Текст] / Э.Е. Сарыбаева, Г.Т. Ораз, Б. Абзалбекулы, М.Ш. Шардарбек, Р.Т. Кауымбаев, Ф.Р. Ташмухамедов, Ж.К. Боркулакова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.275-283. https://doi.org/10.55956/GMSL4181

Введение. *Актуальность исследования*. Шерсть – один из старейших и наиболее широко используемых текстильных материалов, из которого изготавливают одежду, ковры, ткани и другие изделия. В зависимости от вида животного и технологии обработки шерсть обладает различными физическими и химическими свойствами, которые напрямую влияют на качество конечного продукта. Самым важным свойством шерсти является ее

микроструктура, которая определяет такие параметры, как прочность, гибкость и теплоизоляционные свойства.

Микроскопическое исследование шерстяных волокон с использованием современных методов, таких как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), позволяет изучать их внутреннюю структуру и выявлять дефекты и изменения, связанные с обработкой материала. Различные виды шерсти (грубая, полугрубая, тонкая) могут по-разному реагировать на внешние факторы, такие как стирка, крашение и химическая обработка, и должны анализироваться индивидуально.

Цель и задачи работы. Целью данной работы было проведение микроскопического анализа шерстяных волокон разных типов (грубая, полугрубая, тонкая) и состояний (мытая, немытая, окрашенная) с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) для оценки влияния обработки на структуру волокна.

Цели исследования:

– сравнение и анализ микроструктуры различных типов шерстяных волокон (грубых, полугрубых и тонких);

– оценка изменений микроструктуры шерстяных волокон в различных условиях (мытье, немытье, окрашивание);

– определение возможных дефектов или улучшений структуры шерсти после химической обработки;

– определение влияния обработки шерсти на текстурные свойства шерсти, такие как гладкость, прочность, пористость и т.д.

Обзор литературы. Структура шерстяных волокон. Шерсть состоит из белка, называемого кератином, который образует волокна, покрытые чешуйчатой внешней оболочкой. Эта чешуйчатая структура волокон придает шерсти эластичность, гибкость и изоляционные свойства. Внешний вид шерстяных волокон различается в зависимости от вида животного и толщины волокна.

Грубая шерсть (например, овечья шерсть) имеет более грубые волокна и заметную чешую на поверхности, что придает шерсти определенную твердость.

Полугрубая шерсть (например, смесь шерсти и козьей шерсти) имеет волокна средней толщины и менее заметные чешуйки.

Тонкая шерсть, например, меринос или альпака, состоит из более тонких, гладких волокон с менее выраженной структурой чешуек.

Влияние обработки шерсти. Чистка шерсти: процесс очистки шерсти удаляет грязь, жир и примеси. Однако чрезмерное использование моющих средств или чрезмерно высокая температура воды могут повредить структуру волокна, что приведет к потере эластичности и снижению прочности.

Окрашивание шерсти: в процессе окрашивания шерсть контактирует с химическими веществами, которые могут изменить ее микроструктуру. Например, красители могут проникать в поры волокон и нарушать их структурную целостность, тем самым влияя на прочность и внешний вид материала.

Метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Сканирующая электронная микроскопия позволяет изучать поверхность образца с очень высоким разрешением, что дает возможность выявить мельчайшие дефекты и особенности структуры волокна, такие как микротрещины, пористость, повреждения, вызванные химической обработкой и т.д. В отличие от обычной

оптической микроскопии, СЭМ позволяет получать трехмерные изображения поверхности, что очень важно для изучения шерстяных волокон.

Условия и методы исследований. *Образцы шерсти.* Для анализа использовались различные типы образцов шерсти:

– грубая шерсть: например, овечья шерсть, используемая для изготовления ковров и грубых тканей;

– полугрубая шерсть: смесь овечьей и козьей шерсти, используемая для изготовления тканей средней прочности;

– тонкая шерсть: мериносовая шерсть известна своей мягкостью и тонкостью и используется для производства высококачественной ткани и одежды.

Образцы шерсти были разделены на отдельные волокна, из которых были удалены небольшие фрагменты для дальнейшего анализа.

Обработка шерсти. Промывка образцы шерсти при температуре 30-40°C с использованием мягкого моющего средства для удаления грязи и жира. Время обработки составляет 30 минут.

Окрашивание шерсти стандартными красителями для шерсти при температуре 60-70°C в течение 45-60 минут. В зависимости от условий производства используются натуральные и синтетические красители.

Технология сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Структура шерстяных волокон анализировалась с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 17751-2016 [1]. Настоящий стандарт устанавливает метод количественного анализа животных волокон, включая шерсть, с помощью микроскопа.

Подготовка образца. Шерстяные волокна очищаются от примесей и высушиваются при комнатной температуре. Образец покрывается тонким слоем золота (или другого проводящего материала) для улучшения проводимости и обеспечения высокого качества изображений.

Условия работы ЭМС. Сканирующий электронный микроскоп: тип СЭМ, рабочее напряжение 10-15 кВ. Микроскоп имеет разрешение 3-5 нанометров, что позволяет проводить детальный анализ микроструктуры шерстяных волокон. Увеличение – от 500x до 3000x для анализа в зависимости от потребностей исследования. Образцы исследовали при разных увеличениях для изучения общей морфологии волокон, а также более детальных признаков, таких как наличие пор, трещин и других дефектов.

Метод количественного анализа. Согласно ГОСТ Р ИСО 17751-2016 [1], состав образцов анализировали путем подсчета количества различных типов волокон (например, грубая шерсть, полугрубая шерсть, тонкая шерсть) в каждом образце.

Процесс выглядит следующим образом. Исследование проводилось на образцах шерсти, которые были подготовлены путем разделения волокон и распределения их на фиксированном квадрате (например, 1×1 см). Подсчитано количество волокон в каждом квадрате и их распределение по типу (грубая шерсть, полугрубая шерсть, тонкая шерсть). Для каждого волокна определяется его доля в общей выборке, что позволяет получить количественные данные о составе волокна. Этот метод не только помогает изучать морфологические характеристики волокон, но и позволяет точно определить процентное содержание различных видов шерсти, что имеет большое значение для текстильной промышленности [2].

Тонину шерстяных волокон (или их диаметр) можно определить с помощью СЭМ, что позволяет исследовать мельчайшие детали структуры материала. При анализе тонкой шерсти обычно учитываются следующие параметры:

– диаметр волокна является ключевым показателем для тонкой шерсти, такой как мериносовая, которая имеет гораздо меньший диаметр волокон, чем более грубая шерсть;

– структура чешуек – для тонких волокон чешуйки менее выражены и, следовательно, более гладкие.

– поверхность волокна – на предмет микротрещин, пор или других повреждений, которые могли возникнуть во время обработки (стирка, крашение).

Результаты исследований и их обсуждение. *Общая микроструктура волокон*. Грубая шерсть: Волокна имеют отчетливую структуру чешуек и твердую поверхность, что можно увидеть на снимках СЭМ. Наличие микротрещин и пор указывает на высокую пористость [3].

Полугрубая шерсть: структура чешуек менее выражена, а поверхность менее грубая, чем у грубой шерсти, но некоторые дефекты, такие как микротрещины и пористость, все еще видны [4].

Тонкая шерсть: волокна тонкие и гладкие, чешуйки почти не видны, поверхность волокон гладкая, пористых участков мало [5].

Эффекты обработки (стирка и крашение). Стирка шерсти делает ее более гладкой, что отражается в уменьшении видимости пор и трещин на поверхности волокон. Однако в некоторых случаях, особенно в полугрубой шерсти, все еще остаются следы загрязнений, которые невозможно удалить без дополнительной химической обработки [6].

Окрашивание шерсти приводит к более заметным изменениям в структуре волокон. Из-за воздействия красителей, особенно в тонкой шерсти, на поверхности волокон появятся микротрещины и повреждения, которые можно увидеть на снимках СЭМ. Некоторые части волокон стали более пористыми, что может указывать на разрушение их структуры [4].

На рисунке 1 представлена микроструктура грубой шерсти, полученная с помощью СЭМ при увеличении ×1000. На снимках отчетливо видна чешуйчатая структура волокон, характерная для грубой шерсти, а также микротрещины на поверхности волокон, подтверждающие высокую пористость материала. На поверхности волокна видны чешуйчатые структуры и микротрещины.

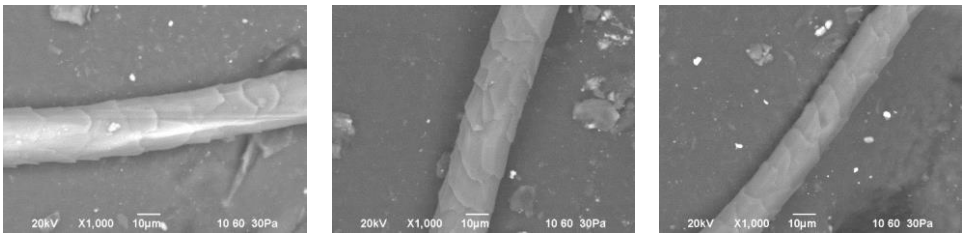


Рис. 1. Микроструктура грубой шерсти (увеличение ×1000)

На рисунке 2 показана микроструктура окрашенной шерсти при увеличении в 2000 раз. В отличие от неокрашенной шерсти, на этой

фотографии показано повреждение волокна от воздействия красителя. Микротрещины и поры на поверхности волокна подтверждают, что процесс окрашивания оказывает разрушительное воздействие на шерсть.

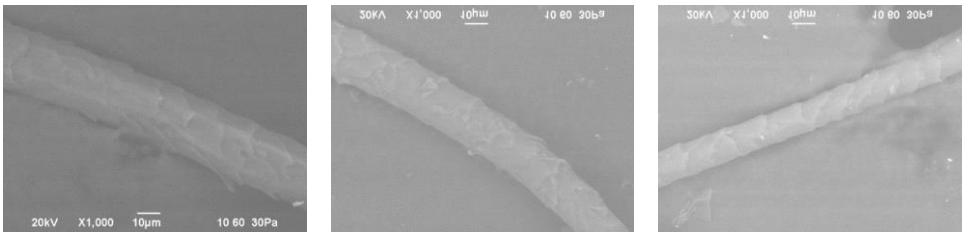


Рис. 2. Микроструктура крашеной шерсти (увеличение ×1000)

Поверхность волокна повреждается красителем, появляются микротрещины и поры. Исследование показало, что на рисунке 3 показано, как меняется структура полугрубых волокон после стирки. По мере удаления грязи и жира поверхность волокна становится более гладкой. Однако некоторые следы загрязнения остаются, о чем свидетельствуют остаточные повреждения на изображении. Поверхность волокна становится более гладкой, но на поверхности все еще видны остатки грязи.

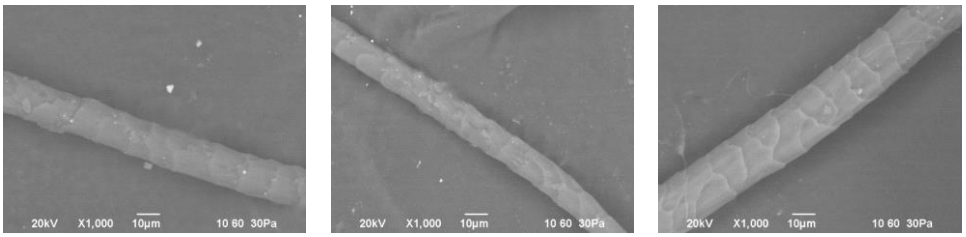


Рис. 3. Микроструктура полугрубых волокон после мытья
(увеличение ×1000)

Образцы мериносовой шерсти, известные своей тонкостью, использовались для анализа тонкости шерстяных волокон. На рисунке 4 показана микроструктура волокна мериносовой шерсти при 1000-кратном увеличении. Видно, что диаметр этих волокон значительно меньше, чем у грубой шерсти, такой как шерсть. Чешуйчатая структура едва заметна, а поверхность волокна гладкая и однородная, что характерно для тонкой шерсти.

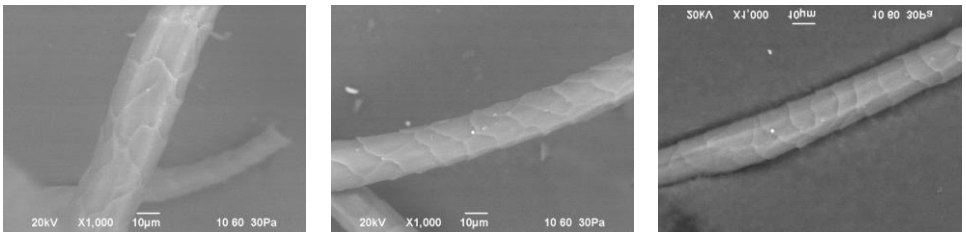


Рис. 4. Микроструктура тонкой шерсти мериноса, снятая с использованием
СЭМ (увеличение ×3000)

Видно уменьшение диаметра волокна и сглаживание поверхности. На рисунке 5 показано более детальное изображение той же шерсти, на котором видно, что тонкие волокна практически не имеют микротрещин и пор, что говорит о высоком качестве материала. Это также подтверждает, что тонкость волокна напрямую связана с его гладкостью и наличием дефектов, характерных для грубых шерстяных волокон.

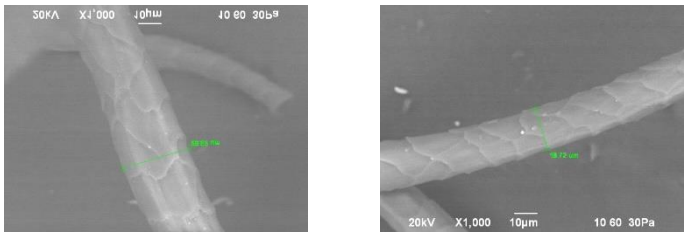


Рис. 5. Микроструктура мериносовых волокон (увеличение ×1000)

Изображение демонстрирует гладкую поверхность волокна и отсутствие пор. Для более детального анализа в отчет также включены данные по грубой и полугрубой шерсти, где структура чешуек более выражена, а диаметр волокон больше.

Для изучения толщины чешуек шерсти мы выбрали образцы шерсти мериноса, которая известна своим высоким качеством и тонкой структурой. На рисунке 6 показана микроструктура волокна при 1000-кратном увеличении, где отчетливо видно, что чешуйки на поверхности волокна практически не видны, что является типичной особенностью тонкой шерсти.

Измерения толщины чешуек показали, что их размер в среднем составляет 0,3-0,5 мкм, что значительно меньше, чем у грубой шерсти.

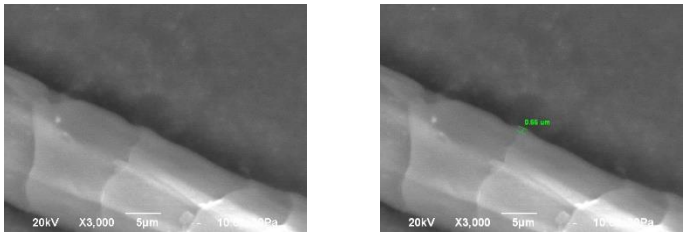


Рис. 6. Микроструктура тонкой шерсти мериноса (увеличение ×1000)

На изображении видно, что чешуйки практически не выражены, их толщина составляет примерно 0,3-0,7 мкм.

Для более грубой шерсти, например, овечьей, чешуйки имеют более выраженную структуру и толщину. На рисунке 7 изображены чешуйки овечьей шерсти при увеличении ×1000. Здесь чешуйки более толстые, их размер варьируется от 1 до 3 мкм.

Рис. 7. Микроструктура овечьей шерсти (увеличение ×1000). Чешуйки более выражены и имеют толщину около 1-3 мкм

Заключение. В ходе исследований было установлено, что состояние шерсти (мытая, немытая и окрашенная) оказывает существенное влияние на ее микроструктуру. Анализ показал, что грубая шерсть менее подвержена изменениям, чем тонкая. Особо следует отметить, что окрашивание шерсти может повредить ее поверхность, о чем свидетельствует увеличение количества микротрещин и пор. Эти изменения могут существенно повлиять на механические и эстетические свойства шерсти [2].

Данный метод соответствует стандарту ГОСТ Р ИСО 17751-2016 [1] и позволяет точно количественно измерить содержание различных типов волокон в образце, что также подтверждает, что химическая обработка влияет на состав шерсти [7].

Сравнительный анализ толщины чешуек показал, что поверхность мериносовой шерсти намного глаже, чем грубой. Это также объясняет, почему изделия из мериносовой шерсти более мягкие и удобные в носке. При этом грубая шерсть имеет более выраженную структуру чешуек, более высокую прочность и лучшее сохранение тепла. в заключение

Результаты исследования показали, что методы СЭМ и количественного анализа в соответствии с ГОСТ Р ИСО 17751-2016 [1] позволяют эффективно изучать микроструктуру шерсти и оценивать влияние различных методов обработки (стирка, крашение) на ее свойства. Эти данные могут быть полезны для дальнейшего развития текстильной промышленности, так как высокая прочность и долговечность волокон очень важны для этой отрасли [8].

Испытания на тонину волокон показали, что волокна мериносовой шерсти тонкие и имеют очень мало поверхностных дефектов, что делает их превосходным материалом для производства высококачественных тканей и одежды. Эти результаты могут помочь улучшить производственные процессы в текстильной промышленности для создания новых нетканых материалов.

Измерение толщины чешуек шерсти с помощью СЭМ показало, что чешуйки тонкой шерсти были значительно меньше и менее четкими по сравнению с грубой шерстью. Это исследование может помочь в оценке качества шерсти и ее применения в текстильной промышленности.

Список литературы

1. GOST R ISO 17751–2016. Materialy tekstil’nye. Kolichestvennyj analiz volokon zhivotnogo proiskhozhdeniya metodom mikroskopii. Kashemir, shersть, spetsial’nye volokna i ikh smesi [Textile materials. Quantitative analysis of animal fibers by microscopy. Cashmere, wool, specialty fibers and their blends]. – Introduced. 2016–01–01. – Moscow: Standartinform, 2016. [in Russian].
2. Barnes W., Taylor M. Electron Microscopy and the Characterization of Animal Fibers // Journal of Microscopy and Analysis. – 2010. – Vol. 23(3). – P. 1-15.

3. Giacomelli S., et al. Wool and Cashmere Fibers: A Comparative Study of Their Surface Morphology Using SEM // Textile Research Journal. – 2017. – Vol. 87. – P. 1045-1054.
4. Chadwick J., Ellis M. Scanning Electron Microscopy of Natural Fibers // Microscopy Today. – 2009. – Vol. 17. – No. 4. – P. 22-25.
5. Lemieux B., Berthod J. The Structural Properties of Wool Fibers and Their Influence on Textile Performance // Textile Research Journal. – 2015. – Vol. 85. – No. 1. – P. 48-56.
6. Yuan Z., et al. Microstructure of Wool and Its Relation to Mechanical Properties // Journal of Materials Science. – 2016. – Vol. 51. – P. 4847-4856.
7. Mishra S., Thomas S. Effect of Dyeing on the Morphology of Wool Fibers: A SEM Study // Journal of Applied Polymer Science. – 2012. – Vol. 125. – P. 45-56.
8. Rozman C., Tan C. A Study of the Physical and Chemical Properties of Wool after Various Treatments // Textile Research Journal. – 2018. – Vol. 90. – No. 5. – P. 47-59.

Исследования выполнены в рамках проекта BR 24992867 «Разработка ресурсосберегающих технологии для развития и управления водным хозяйством и перерабатывающей промышленностью Казахстана, создание инновационного инжинирингового центра», профинансированного Комитетом науки МНВО РК.

Материал поступил в редакцию 21.05.25, принят 25.06.25.

Э.Е. Сарыбаева[1], Г.Т. Ораз[1], Б. Абзалбекулы[1], М.Ш. Шардарбек[1], Р.Т. Кауымбаев[1], Ф.Р. Ташмухамедов[1], Ж.К. Боркулакова[1]

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

СКАНЕРЛЕЙТІН ЭЛЕКТРОНДЫ МИКРОСКОПИЯ (СЭМ) ӘДІСІМЕН ЖҮН ТАЛШЫҚТАРЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ ТҮРЛЕРІ МЕН КҮЙІНІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМДЫҚ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа. Бұл зерттеуде жүн талшықтарының әртүрлі түрлерінің (дөрекі, жартылай дөрекі, жұқа) және әртүрлі күйдегі (жуылған, жуылмаған, боялған) микроқұрылымы сканерлейтін электронды микроскопия (СЭМ) әдісімен зерттелді. Алынған кескіндердің негізінде талшықтардың морфологиялық ерекшеліктері: қабыршақ құрылымы, кеуектілік, микрожарықтар мен басқа да ақаулар бойынша салыстырмалы талдау жүргізілді. Жүн түрі мен өңдеу әдісінің талшықтың беткі жағдайына және физикалық-механикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Зерттеу нәтижесінде меринос сияқты жұқа жүн талшықтарының бояу кезінде зақымдануға аса бейім болатыны дәлелденді. ГОСТ Р ИСО 17751-2016 стандартына негізделген сандық талдау әдістері арқылы талшықтың құрамы мен құрылымын нақты анықтауға болады. Алынған мәліметтер жүн өңдеу технологиясын оңтайландыруға және тоқыма өнімдерінің сапасын арттыруға септігін тигізеді.

Тірек сөздер: микроқұрылым, сканерлейтін электронды микроскопия, жұқа жүн, дөрекі жүн, талшық морфологиясы.

E.E. Sarybaeva[1], G.T. Oraz[1], B. Abzalbekuly[1], M.Sh. Shardarbek[1], R.T. Kauymbaev[1], F.R. Tashmukhamedov[1], Zh.K. Borkulakova[1]

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

MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF WOOL FIBERS OF DIFFERENT TYPES AND CONDITIONS USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)

Abstract. This study investigates the microstructure of wool fibers of various types (coarse, semi-coarse, fine) and different conditions (washed, unwashed, dyed) using scanning electron microscopy (SEM). Based on the obtained images, a comparative analysis of morphological features such as scale structure, porosity, microcracks, and other defects was conducted. It was found that the type of wool and the method of processing significantly affect the fiber surface condition and its physical and mechanical properties. The study revealed that fine fibers, such as merino wool, are particularly susceptible to damage during dyeing. The composition and structure of fibers can be precisely determined using quantitative analysis methods in accordance with GOST R ISO 17751-2016. The findings can contribute to optimizing wool processing technology and improving the quality of textile products.

Keywords: microstructure, scanning electron microscopy, fine wool, coarse wool, fiber morphology.

МРНТИ 67.01.33

З.Е. Кабжан[1] – *основной автор,*
А.Ю. Шахнович[2], Н.Т. Шогелова[3], Е.Д. Глызно[4], С.В. Исаенко[5]

[1,3,4,5]Магистр, [2]Канд. техн. наук

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0004-9957-0034 [2]https://orcid.org/0009-0009-5128-6970 [3]https://orcid.org/0000-0002-5220-1459 [4]https://orcid.org/0000-0001-9914-0764 [5]https://orcid.org/0009-0005-8336-4428*

[1,2,3,4]Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры, г. Алматы, Казахстан
[5]ТОО «QazCode», г. Астана, Казахстан

@ *[3]nazymshogelova@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/EVGB7641

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ТЕЗАУРУСА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: МЕТОДОЛОГИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ

Аннотация. Современное развитие строительной отрасли требует унификации и стандартизации терминологии, особенно в условиях цифровизации и внедрения технологий информационного моделирования. В статье рассматривается процесс формирования цифрового тезауруса, направленного на систематизацию понятий, используемых в нормативно-правовой и нормативно-технической документации. Проведён анализ 1566 нормативных документов, что позволило выделить 4210 существующих терминов и 10226 терминов-кандидатов. Для обработки данных применялись методы частотного анализа, лингвистической обработки и экспертной оценки. В качестве платформы управления тезаурусом была выбрана Tematres, обеспечивающая структурированное представление терминов, поддержку многоязычности и интеграцию с международными стандартами SKOS и RDF. Среди преимуществ платформы – открытый исходный код, гибкость настройки, автоматизированный поиск и поддержка эквивалентных терминов. Однако выявлены ограничения: отсутствие инструментов визуализации семантических связей и ограниченная поддержка онтологических моделей. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного подхода для автоматизации нормативного контроля и интеллектуального поиска. Разработанный тезаурус может быть интегрирован в цифровые системы проектирования и экспертизы, способствуя устранению терминологических коллизий и повышению точности нормативных требований.

Ключевые слова: цифровой тезаурус, строительная отрасль, стандартизация терминологии, нормативно-техническая документация, автоматизированный анализ данных, Tematres.

Кабжан, З.Е. Формирование цифрового тезауруса строительной отрасли: методология и реализация [Текст] / З.Е. Кабжан, А.Ю. Шахнович, Н.Т. Шогелова, Е.Д. Глызно, С.В. Исаенко //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.284-299. https://doi.org/10.55956/EVGB7641

Введение. Цифровая трансформация строительной отрасли является ключевым направлением модернизации в условиях активного развития

информационных технологий. Одним из важных элементов этого процесса является создание цифровых инструментов, обеспечивающих структурирование и стандартизацию терминологической базы. Важность единого терминологического аппарата обусловлена необходимостью унификации нормативных требований, автоматизации процессов проектирования и экспертизы, а также интеграции технологий информационного моделирования строительных объектов (ТИМСО, BIM) [1]. В международной практике использование цифровых тезаурусов позволяет обеспечить единообразие в трактовке терминов и улучшить процессы автоматизированной обработки данных, что способствует повышению качества проектной документации и снижению рисков, связанных с человеческим фактором [2].

Формирование цифрового тезауруса строительной отрасли представляет собой сложную задачу, требующую системного подхода к отбору, классификации и интерпретации терминов, используемых в нормативно-правовых актах (НПА) и нормативно-технической документации (НТД). Внедрение цифрового тезауруса позволяет устранить терминологические коллизии, повысить точность правоприменительной практики, а также создать единую основу для автоматизированных проверок информационных моделей строительных объектов. Аналогичные проекты по созданию отраслевых тезаурусов в международной практике уже доказали свою эффективность в таких областях, как медицина, экология и строительство [3].

В статье Sunny 2017 года проведен систематический обзор литературы, целью которого является исследование применения и потенциальных функций тезаурусов в цифровых библиотеках [4]. В результате анализа 29 исследований из 466 публикаций, извлеченных из Library and Information Science Abstracts (LISA) и Scopus, были выявлены различные подходы к выбору и применению тезаурусов, а также их роль в улучшении поиска и навигации для пользователей цифровых библиотек. К достоинствам исследования можно отнести предоставление рекомендаций для администраторов цифровых библиотек, однако ограничение заключается в узкой выборке работ, что может повлиять на универсальность выводов.

Тезаурус документального языка, как средство стандартизации терминов, является важной разработкой для эффективного управления документами, особенно при использовании специализированных программных приложений, таких как TemaTres. TemaTres представляет собой сервер контролируемого словаря, позволяющий организовать и управлять терминологией. Это бесплатное веб-приложение предоставляет постоянный доступ к коллекциям документов, сгруппированных по темам, и поддерживает процессы анализа, исследований и принятия решений. TemaTres обеспечивает гибкую установку, функциональный интерфейс и широкие возможности визуализации, что делает его удобным инструментом для создания и управления контролируемыми словарями.

Gonzales-Aguilar в своей работе рассматривают значение тезауруса документального языка, как стандартизированного набора терминов, для управления документами с использованием программных приложений, таких как TemaTres, который служит сервером контролируемого словаря [5]. TemaTres, будучи бесплатным веб-приложением, обеспечивает постоянный доступ к тематическим наборам документов, поддерживая исследовательскую и аналитическую деятельность. Основным достоинством

является удобство установки и функциональность для визуального представления и управления словарями, однако ограничения могут возникать из-за узкой специализации приложения и необходимости точной настройки для разных отраслей.

В работе Rejowsk рассматривается процесс создания Бразильского тезауруса туризма на основе анализа диссертаций по туризму, изданной литературы и мнения специалистов, собранного в 2017 году [6]. Тезаурус включает 17 категорий, в которых термины структурированы по концептуальным связям в области туризма, а для его онлайн-реализации был использован TemaTres. К достоинствам работы можно отнести междисциплинарный подход и многофункциональность тезауруса как исследовательского инструмента, однако сложность терминологической структуры может затруднять его применение в специфических исследованиях.

В статье Berg описан процесс создания цифрового архива SACDA, предназначенного для хранения и классификации материалов, связанных с южноазиатской диаспорой в Канаде, и разработка специализированного тезауруса для структурирования данных архива [7]. SACDA сотрудничает с различными учреждениями и организациями для оцифровки и каталогизации культурного наследия, заполняя существующие таксономические пробелы и обогащая текущие тезаурусы, такие как AIATSIS и Международный тезаурус терминологии по беженцам. Одним из основных достижений проекта стало создание тезауруса, который учитывает особенности южноазиатского наследия в канадском контексте, однако возможным ограничением является сложность интеграции с другими международными стандартами тезаурусов.

В рамках работы Autiero описывается создание «Тезауруса для оцифровки артефактов Гандхары», цифрового ресурса для описания искусства Гандхары и буддийского искусства в целом [8]. Проект DiGA реализовал семиступенчатый процесс, включающий сбор источников, оцифровку ключевых материалов, создание иерархии концепций для сюжетов и персонажей, а также сравнение с другими существующими тезаурусами. В результате создания тезауруса был сделан значительный шаг в изучении искусства Гандхары, открывший новые перспективы как в исследовательской, так и в цифровой среде. Однако одной из трудностей проекта стало обеспечение совместимости с международными стандартами и интеграции тезауруса в более широкие цифровые исследования.

В статье Zeng исследуется автоматизированное создание многоязычных тезаурусов на основе ресурсов цифровых библиотек, с акцентом на извлечение терминов из многоязычного параллельного корпуса [9]. В работе предложены методы автоматического извлечения и фильтрации терминов, построения взаимосвязей между ними, а также сопоставления терминов между китайским и другими языками. Основными достижениями исследования стали разработка инновационного подхода, основанного на сочетании лингвистического и статистического анализа, и улучшение качества автоматического сопоставления терминов по сравнению с традиционными методами. Ограничением исследования является тестирование на платформе Java, что может затруднить интеграцию метода в другие системы.

Создание цифрового тезауруса строительной отрасли обусловлено необходимостью стандартизации терминологии и унификации понятий в нормативно-правовой базе Республики Казахстан. В условиях активного

развития технологий информационного моделирования (ТИМСО, BIM) цифровизация нормативных требований играет ключевую роль в автоматизации процессов проектирования, экспертизы и управления строительными объектами. Формирование тезауруса направлено на обеспечение однозначной интерпретации терминов, устранение терминологических коллизий, а также оптимизацию процессов информационного поиска и верификации строительных моделей [10].

Целью данной статьи является разработка и обоснование методологии формирования цифрового тезауруса строительной отрасли на основе анализа НПА и НТД. В работе рассматриваются основные этапы создания цифрового тезауруса, включая систематизацию терминологии, устранение терминологических коллизий, унификацию определений и внедрение электронной базы данных для поддержки автоматизированных процессов проектирования и экспертизы. Кроме того, статья направлена на выявление ключевых преимуществ цифрового тезауруса в контексте цифровизации строительной отрасли, а также анализ возможных трудностей, возникающих при его разработке и применении.

Условия и методы исследований. Исходной базой для разработки цифрового тезауруса послужил корпус нормативных документов строительной отрасли, включающий 1566 единиц актуальных и устаревших НПА и НТД. В рамках исследования был проведен их комплексный анализ, включающий автоматизированные и экспертные методы обработки текстовых данных.

Анализ текстового содержимого осуществлялся с использованием методов статистического и лингвистического анализа, направленных на выявление отраслевых терминов. Выделенные термины были проверены на соответствие нормативным требованиям, после чего была проведена их классификация по тематическим группам и установлены семантические связи между ними. В ходе работы исключались дублирующиеся, устаревшие и нерелевантные термины, а для терминов, не имеющих четких определений, формировались уникальные дефиниции с привлечением экспертного сообщества.

Результатом исследования стало формирование унифицированной терминологической базы строительной отрасли, представленной в цифровом формате. Структурированный тезаурус включает термины, их определения, семантические связи и ссылки на соответствующие нормативные документы. Полученные результаты могут быть использованы для автоматизированной обработки проектной документации, интеллектуального поиска, а также для интеграции в системы цифровой экспертизы строительных объектов.

Результаты исследований. Формирование цифрового тезауруса строительной отрасли основывается на комплексном анализе существующей нормативно-правовой и нормативно-технической документации. В рамках исследования была реализована многоэтапная процедура идентификации, классификации и верификации терминологии с применением автоматизированных методов анализа текстов и экспертной оценки [11].

Анализ корпуса документов позволил выделить две основные группы терминов: существующие термины, зафиксированные в НПА и НТД (действующих или отмененных), и потенциальные термины, выявленные на основе статистической обработки текстов. Список существующих терминов был сформирован полуавтоматическим способом путем извлечения данных из разделов «Термины и определения» нормативных документов, что

позволило идентифицировать 19056 терминов. При этом предварительная выборка терминов выполнялась по заданным лингвистическим шаблонам, после чего осуществлялась ручная проверка и верификация. В процессе обработки дублирующих определений и терминов, представленных в нескольких нормативных источниках, окончательное количество существующих терминов было сокращено до 12080 единиц, из которых в основу тезауруса вошло 4210 терминов.

Выявление потенциальных терминов осуществлялось на основе анализа текстового содержимого нормативных документов с использованием методов частотного анализа и морфологического разложения. В результате предварительного автоматизированного анализа было выделено 570901 единица, включающих как термины, так и словосочетания, не обладающие точным концептуальным закреплением. Для повышения точности отбора был разработан метод ранжирования терминов по критериям значимости, включающим отсутствие или наличие определения, принадлежность к общему словарю русского языка, а также пороговые значения частотного распределения. В ходе ранжирования терминов и их последующей экспертной оценки количество потенциальных терминов было сокращено до 527363, из которых 10226 терминов-кандидатов были включены в дальнейшую классификационную обработку.

Дополнительно был проведен анализ «Пилотного набора» из 36 нормативных документов, что позволило идентифицировать 7272 уникальных термина с четкими определениями, а также 10226 терминов-кандидатов, требующих дальнейшей экспертной проработки. Из этого числа 813 терминов ранее не встречались в нормативной базе, что подтверждает необходимость продолжения исследования в направлении детального анализа их контекстного использования.

Одной из ключевых задач формирования цифрового тезауруса являлась тематическая классификация терминологии по предметным областям. В рамках исследования были выделены категории знаний, включающие фундаментальные дисциплины, архитектуру и проектирование, инженерные сети, транспортные инфраструктуры, строительные материалы и механизмы, что позволило структурировать терминологию в логически взаимосвязанную систему. Для автоматизации классификации были разработаны списки якорных терминов и частотные модели, позволившие предварительно отнести 33187 потенциальных терминов к определенной предметной области.

В результате проведенной работы сформирован структурированный цифровой тезаурус строительной отрасли, включающий унифицированные термины, их определения, тематическую классификацию и ссылки на соответствующие нормативные документы. Разработанная методология обеспечивает высокую точность выделения и обработки терминов, что делает возможным использование тезауруса в системах цифровой экспертизы, автоматизированного проектирования и нормативного контроля.

На текущем этапе остается ряд задач, связанных с уточнением терминологической базы, выявлением новых терминов по мере актуализации нормативных документов, а также интеграцией тезауруса в цифровые платформы строительной отрасли. Полученные результаты подтверждают эффективность выбранного подхода и создают основу для дальнейшего развития цифровых инструментов автоматизированного анализа нормативных требований в строительстве.

В рамках дальнейшей работы над тезаурусом строительной отрасли была реализована задача систематизации терминологии путем их классификации по тематическим группам. В отличие от традиционной алфавитной организации словарей, была разработана функциональная система классификации, ориентированная на практическое применение в условиях автоматизации процессов проектирования, экспертизы и цифрового управления нормативными документами.

С целью повышения функциональности цифрового тезауруса была проведена систематическая группировка терминов на основе структур, регламентированных Системой проектной документации для строительства (СПДС). Данный подход позволил сформировать логически структурированную терминологическую базу, где термины были распределены по соответствующим областям знаний. При этом дополнительно выделена группа терминов общего характера, охватывающих многопрофильные области и базовые инженерные дисциплины.

После первичной классификации терминов была проведена работа с экспертным сообществом, в ходе которой осуществлялось распределение терминов с учетом требований ЕСККС (Единая система классификации и кодирования строительных ресурсов) [12]. Использование данной системы предусмотрено нормативной базой и Концепцией внедрения технологий информационного моделирования строительных объектов (ТИМСО) [13], что делает классификацию терминов цифрового тезауруса согласованной с международными требованиями. Однако адаптация структуры ЕСККС под задачи формирования тезауруса потребовала дополнительной методологической проработки и анализа.

В строительной отрасли терминология должна соответствовать особенностям инженерного проектирования и содержать взаимосвязи между компонентами строительных объектов и специализированными областями знаний. Например, при проектировании колонны требуется владение знаниями в таких областях, как строительная механика, железобетонные конструкции, строительные материалы, нагрузки и воздействия. В свою очередь, при проектировании технической системы, такой как водонапорная башня, необходимо привлечение специалистов по гидравлике, металлическим конструкциям, нагрузкам и фундаментам. Таким образом, для каждого элемента или системы возможно определить перечень знаний, необходимых для проектирования и эксплуатации [14].

На основании этого анализа вся терминология была условно разделена на две основные группы:

– Политехнические и описательные термины, являющиеся единообразными и понятными для всех участников строительного процесса;

– Прикладные термины, требующие детального отнесения к специализированным областям знаний.

Применение данного принципа можно проиллюстрировать на примере термина «колонна». Для всех специалистов в строительстве он представляет собой вертикальную несущую опору. Однако с точки зрения инженера-конструктора, использующего методы расчета по железобетонным конструкциям и строительной механике, колонна определяется как внецентренно сжатый элемент, что уточняет инженерное поведение. Включение такой дифференциации терминов требует участия экспертного сообщества и может быть реализовано в несколько этапов.

В результате проведенной аналитической работы была сформирована базовая классификация терминов строительной отрасли, обеспечивающая логическое структурирование информации. Термины в тезаурусе представляются преимущественно в виде имени существительного в именительном падеже либо в форме определительного словосочетания. В зависимости от структуры словосочетания были выделены следующие типы терминов:

– Согласованные словосочетания (A + N) – прилагательное стоит перед существительным (например: главный фасад, ландшафтный дизайн, астрономический азимут).

– Несогласованные словосочетания (N + N) – определение выражено существительным в косвенном падеже (система водоотведения потребителя, рециркуляция сточных вод).

– Для систематизации структуры терминов была предложена буквенная кодировка:

– N – существительное (например, технология, виброизолятор).

– AN – согласованное словосочетание (например, водопроводная труба).

– NN – несогласованное словосочетание (например, проверка приборов учета).

– AAN, ANN, NNN, NAN – сложные словосочетания с более глубокой структурой (нормальная скорость распространения пламени, инженерные системы жизнеобеспечения здания).

При анализе нормативных документов было выявлено, что термин, состоящий из одного слова (существительного), чаще всего обозначает общее понятие или строительное изделие (например, труба, линия, система). Однако для уточнения значения термина и его принадлежности к конкретной области знаний требуется добавление дополнительных слов (водопроводная труба, линия электропередачи, система газоснабжения).

Определительная часть словосочетания может отражать различные семантические связи между терминами:

– «имеет» (многопустотная плита – железобетонная плита с пустотами).

– «состоит из материала» (деревянная колонна – колонна, выполненная из дерева).

– «монтируется по технологии» (железобетонная свая – свая, которая устанавливается методом вибропогружения или ударной забивки).

– «воспринимает нагрузки» (опорная плита, несущая стена).

Дополнительно был проведен анализ составных терминов (знак безопасности с внешней подсветкой, эвакуация людей на пожаре), которые представляют собой комбинацию двух или более понятий. Для таких терминов требуется отдельное решение о включении в тезаурус в исходном виде или разбиении на более простые элементы.

С учетом анализа структуры терминов был предложен стандарт представления данных в цифровом тезаурусе:

– Термины подаются в нижнем регистре.

– Используется единственное число, за исключением случаев, когда множественное число является нормативным (сточные воды, строительные конструкции).

– Рекомендуемая длина термина – не более трех слов, если не требуется более детализированное определение.

После структурирования терминов в цифровом тезаурусе строительной отрасли был проведен комплексный процесс поиска и верификации их определений, направленный на исключение терминологических коллизий и обеспечение единообразия понятийного аппарата.

В ходе работы была разработана иерархия приоритетности источников нормативных определений:

– В случае наличия нескольких определений к одному термину из разных нормативных документов, приоритет отдавался определению из документа более высокого уровня иерархии. Например, если термин присутствовал в СП РК и РДС РК, то в тезаурус включалось определение, зафиксированное в РДС РК.

– Если термин имел разные определения в равнозначных нормативных источниках, окончательный вариант определения утверждался экспертной группой, после чего проходил дополнительную верификацию рецензентами-экспертами строительной отрасли.

– Если нормативные документы Республики Казахстан не содержали определения к термину, поиск осуществлялся в специализированных технических, строительных и политехнических словарях, справочниках и учебных пособиях.

– В случае отсутствия определения даже в специализированных источниках, термин проходил этап экспертной разработки, в ходе которого формировалась дефиниция при участии специалистов в области строительства, а окончательная формулировка утверждалась экспертной группой.

В качестве примера экспертного подхода к формированию определений можно рассмотреть термин «зонное водоснабжение», определение которого было выведено на основе уже существующего термина «зонная система водопровода». Первоначальное определение «зонная система водопровода» – «система водопровода, разделенная на части по предельно-допустимым гидростатическим напорам» – стало основой для новой дефиниции, которая была адаптирована с учетом контекста использования термина: «использование для водоснабжения здания нескольких водопроводных систем, разделенных на части по предельно-допустимым гидростатическим напорам». Такой методологический подход позволил создать логически выверенные и нормативно корректные определения терминов.

В процессе формирования тезауруса были выявлены случаи дублирования определений, вызванные разделением синонимичных терминов на две отдельные единицы. Например, термин «зиговое соединение (зиг)», определяемый как «разновидность фальцевого соединения, выполненного из листового металлического материала в виде буквы «З»» [15], в тезаурусе был представлен в виде двух отдельных терминов: «зиговое соединение» и «зиг», имеющих идентичные определения.

Для оптимизации структуры тезауруса такие случаи были проанализированы с точки зрения семантических взаимосвязей. Было принято решение обозначать более полный термин (например, «зиговое соединение») как дескриптор, то есть основной термин, рекомендованный к употреблению в нормативно-правовых актах и нормативно-технической документации. В то же время сокращенные или разговорные версии терминов (например, «зиг») обозначались как аскрипторы, то есть термины-

синонимы, не рекомендованные для использования в нормативных источниках, но учитываемые в цифровом тезаурусе для поиска и анализа взаимосвязей между понятиями.

Для обеспечения объективной, квалифицированной и независимой оценки терминологической базы была сформирована экспертная группа, в состав которой вошли высококвалифицированные специалисты строительной отрасли. Экспертная группа осуществляла рецензирование тезауруса, а также консультативную и методологическую поддержку в вопросах верификации и согласования терминологии.

Экспертам был предоставлен доступ к актуальной редакции перечня терминов, распределенных по предметным областям, соответствующим их профессиональной компетенции. В круг задач экспертов входили:

– рассмотрение и согласование классификации предметных областей в строительстве;

– анализ сформированного перечня терминов, выявление возможных ошибок и дублирующихся элементов;

– консультирование по вопросам терминологии и нормативных определений;

– рекомендации по дополнению перечня терминами, ранее не включенными в классификацию;

– рекомендации по исключению или перемещению терминов в более релевантные предметные области;

– согласование и утверждение корректных определений терминов, а также формулирование новых определений для терминов, не имеющих нормативного закрепления.

Процесс экспертного рецензирования носил итеративный характер, то есть проводился в несколько последовательных этапов. По мере уточнения терминологической базы количество итераций обсуждения тезауруса увеличивалось, что позволило добиться высокого качества содержания и минимизировать терминологические коллизии.

Разработанная методология и итерационный подход к созданию тезауруса позволили не только сформировать структурированную терминологическую систему, но и создать инструмент, адаптированный для цифрового применения в процессах нормативного контроля, автоматизированной экспертизы и информационного поиска в строительной отрасли.

Обсуждение научных результатов. Современные технологические решения для управления тезаурусами представляют собой широкий спектр инструментов, ориентированных на автоматизацию процессов разработки, поддержки и актуализации терминологических данных. В ходе исследования проведен анализ наиболее распространенных программных решений, предназначенных для управления цифровыми тезаурусами, их функциональных возможностей, преимуществ и ограничений. Данный анализ позволил определить их применимость в рамках разработки и внедрения тезауруса строительной отрасли, а также выбрать оптимальное программное обеспечение для его реализации [16].

Выбор платформы Tematres в качестве инструмента для хранения и управления цифровым тезаурусом строительной отрасли обоснован совокупностью факторов, включающих функциональные характеристики, экономическую эффективность и адаптивность платформы к требованиям

проекта [5]. Использование Tematres обусловлено следующими преимуществами:

– Экономическая доступность. Платформа представляет собой программное обеспечение с открытым исходным кодом, что исключает необходимость приобретения лицензий и позволяет минимизировать финансовые издержки при внедрении, особенно на начальном этапе проекта.

– Соответствие международным стандартам. Tematres поддерживает стандарты SKOS (Simple Knowledge Organization System) и RDF (Resource Description Framework), что обеспечивает интеграцию тезауруса в международные информационные системы и облегчает обмен данными с другими платформами.

– Многоязычная поддержка. Платформа предоставляет возможности для работы с несколькими языками, включая казахский и русский, что особенно актуально для реализации проекта в условиях многоязычной среды Казахстана.

– Интуитивно понятный интерфейс. Простота освоения и удобство использования системы позволяют минимизировать временные затраты на обучение пользователей и обеспечивают быструю интеграцию в рабочие процессы.

– Гибкость настройки. Открытый исходный код платформы позволяет адаптировать систему под конкретные требования проекта, включая структуру тезауруса, параметры интерфейса и функции экспорта данных.

Однако при выборе платформы Tematres необходимо учитывать ряд функциональных ограничений, которые могут повлиять на эффективность использования в проектах с особыми требованиями. Во-первых, ограниченные аналитические возможности платформы не позволяют выполнять сложный анализ данных и визуализировать семантические связи между терминами. Это может создавать определённые затруднения при её применении в проектах, где требуется детальный семантический анализ или углубленная работа с взаимосвязями терминов. Во-вторых, Tematres не поддерживает сложные онтологические модели, поскольку изначально ориентирована на управление тезаурусами. В частности, платформа не предусматривает использование OWL (Web Ontology Language) – международного стандарта, необходимого для построения полноценных онтологических систем. Это ограничение может быть критичным в тех случаях, когда требуется моделирование сложных концептуальных структур. В-третьих, технические требования к серверной инфраструктуре также являются важным фактором при внедрении Tematres. Для полноценного развертывания и эксплуатации платформы требуется базовый сервер, что может потребовать привлечения технических специалистов, особенно при отсутствии внутренних ресурсов для поддержки и администрирования системы.

Несмотря на указанные ограничения, Tematres остается гибким инструментом, который благодаря открытому исходному коду может адаптироваться к текущим потребностям проекта. Кроме того, платформа может рассматриваться как промежуточное решение, позволяющее на ранних этапах стандартизации и структурирования терминологической базы заложить основу для дальнейшего перехода к более сложным и функциональным инструментам управления знаниями [17].

Для хранения и управления тезаурусом был внедрен специализированный электронный ресурс Tematres, который предоставляет

функциональные возможности для структурированного поиска, классификации и отображения терминов. Итоговый перечень терминов с их определениями размещен в открытом доступе на веб-платформе (рис. 1): http://tematres.kazniisa.kz.

Рис. 1. Главная страница электронного ресурса Tematres

Платформа позволяет осуществлять:

– поиск терминов по ключевым словам;

– просмотр терминов по предметным областям и в алфавитном порядке;

– отображение эквивалентных терминов на втором языке тезауруса (казахский/русский);

– переход на страницу термина, где доступны его определение, источник нормативного закрепления и тематическая область.

Разработанный цифровой тезаурус строительной отрасли, реализованный на базе Tematres, обеспечивает систематизацию и унификацию строительной терминологии, создавая основу для интеграции в процессы цифрового проектирования, экспертизы и нормативного контроля.

Главная страница электронного ресурса (рис. 1) предоставляет пользователям следующие инструменты навигации и поиска:

– поисковая строка – для быстрого поиска терминов по ключевым словам;

– кнопка перехода на главную страницу – обеспечивает возврат к стартовой странице тезауруса;

– кнопка «Моя учетная запись» – предоставляет пользователям доступ к персонализированным функциям платформы;

– кнопка расширенного поиска – позволяет проводить поиск с учетом различных параметров (по категориям, частичному совпадению и т. д.);

– кнопка перехода к общей информации о тезаурусе – содержит сведения о целях, методах формирования и использовании тезауруса;

– кнопки алфавитного указателя статей тезауруса – обеспечивают доступ к терминам в алфавитном порядке;

– список предметных областей – структурированное отображение терминов в соответствии с их тематической принадлежностью.

При выборе пользователем определенной предметной области система отображает перечень терминов, относящихся к данной категории,

представленный в алфавитном порядке. Для каждого термина доступен переход на его индивидуальную страницу с детализированной информацией.

На странице конкретного термина отображаются следующие элементы (рис. 2):

– наименование термина – основной элемент страницы;

– кнопки «Термин» и «Metadata» – обеспечивают доступ к метаданным, связанным с данным термином;

– кнопка «Definition note» – раскрывает определение термина при нажатии;

– кнопка «Source document» – предоставляет информацию о нормативном или справочном источнике, из которого заимствовано определение;

– предметная область – категория, к которой относится термин (например, область «Агенты»);

– эквивалентный термин на втором языке тезауруса – для русскоязычных терминов отображается их казахский эквивалент, а для казахоязычных терминов – русскоязычный аналог.

Рис. 2. Страница термина в Тезаурусе

На главной странице платформы реализован алфавитный указатель, обеспечивающий навигацию по терминологической базе. Выбор буквы алфавита позволяет отобразить перечень терминов, начинающихся на соответствующую букву, с указанием их эквивалентов на втором языке тезауруса. При выборе конкретного термина осуществляется переход на его страницу, где представлена полная информация о термине, его определении, источнике и связях с другими терминами.

Использование платформы Tematres позволяет систематизировать терминологическую базу строительной отрасли, обеспечивая доступность, структурированность и удобство поиска информации. Электронно-цифровая форма представления тезауруса способствует его интеграции в информационные системы строительного проектирования, нормативного контроля и автоматизированного анализа, тем самым поддерживая процессы цифровизации отрасли.

Заключение. Формирование цифрового тезауруса строительной отрасли представляет собой значимый этап в развитии системы терминологической стандартизации, обеспечивающей унификацию понятийного аппарата и повышение эффективности нормативного

регулирования. В ходе проведённой работы был реализован комплекс мероприятий по систематизации терминов, включающих анализ нормативно-правовой и нормативно-технической документации, статистическую обработку текстов, выявление и классификацию терминологии, а также экспертную оценку и верификацию данных.

В рамках проекта была проведена статистическая обработка 1566 нормативных документов, что позволило выделить 4210 существующих терминов с определениями, включённых в цифровой тезаурус. Дополнительно были идентифицированы 7870 проблемных терминов, которые не были включены в тезаурус по причине неопределённости их трактовки или несоответствия отраслевой классификации. Также был сформирован перечень 10226 терминов-кандидатов, которые прошли процедуру экспертной оценки и частично были включены в тезаурус.

Дополнительно были обработаны 36 нормативных документов, в результате чего было выявлено 813 терминов, внесённых в тезаурус. В результате экспертной оценки и анализа текстов НПА и НТД было отобрано 2249 терминов, что в совокупности позволило сформировать единый цифровой тезаурус, включающий 7272 термина, распределённых по 81 предметной области.

Разработанный тезаурус является не только инструментом унификации строительной терминологии, но и основой для автоматизированной обработки нормативной документации, интеллектуального поиска и интеграции в цифровые платформы проектирования и экспертизы. Внедрение электронного ресурса Tematres в качестве базы данных обеспечило удобный доступ к терминологической информации и структурированное представление.

Реализация цифрового тезауруса строительной отрасли создаёт основу для дальнейшей цифровизации нормативно-технического регулирования, повышения точности правоприменительных практик и поддержки процессов автоматизированного анализа строительной документации.

Список литературы

1. Яскевич, В. Анализ национального опыта внедрения BIM [Текст] / В. Яскевич, Б. Куспангалиев, А. Ходжиков // Проект Байкал Учредители: Григорьева Елена Ивановна. – 2023. – Т. 20. – № 75. – С. 105-111.
2. Доржеева, О.А. Тезаурусное моделирование терминологии строительства [Текст] / О.А. Доржеева // Вестник Челябинского государственного университета. – 2013. – № 31 (322). – С. 85-87.
3. Абдурахманова, А.З. Терминология строительства как объект тезаурусного моделирования [Текст] / А.З. Абдурахманова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Филологические науки. – 2016. – № 2 (68) (2-1). – С. 17-23.
4. Sunny S.K., Angadi M. Applications of thesaurus in digital libraries // DESIDOC Journal of Library and Information Technology. Defence Scientific Information and Documentation Centre. – 2017.
5. Gonzales-Aguilar A., Ramírez-Posada M., Ferreyra D. TemaTres: software para gestionar tesauros // Profesional de La Informacion. – 2012. – No. 21(3). – P. 319-325.
6. Rejowski M., Barbanti C.H. Construção de um Tesauro Brasileiro de Turismo // Revista Turismo Em Análise. – 2019. – No. 29 (2). – P. 182-195.
7. Berg M., Bains S., Suri S. South Asian Canadian Digital Archive Thesaurus // KULA: Knowledge Creation, Dissemination, and Preservation Studies. – 2022. – No. 6 (3). – P. 1-7.

8. Autiero S., Elwert F., Moscatelli C., Pons J. The Seven Steps: Building the DiGA Thesaurus // Journal of Open Humanities Data. – 2023. – No. 9.
9. Zeng W. Exploration and study of multilingual thesauri automation construction for digital libraries in China // Electronic Library. – 2012. – No. 30 (2). – P. 233-247.
10. Григорьев, Д.С. Современные взгляды на роль цифровых технологий в обеспечении экономической безопасности строительной отрасли [Текст] / Д.С. Григорьев // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 8. – С. 339-344.
11. Zhang J., El-Gohary N. Automated Information Transformation for Automated Regulatory Compliance Checking in Construction // J. Comput. Civ. Eng. – 2015. – No. 29.
12. Национальный научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры. Единая система классификации и кодирования строительных ресурсов (ЕСККС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kazniisa.kz/eskks/. Дата обращения: 17.02.2025.
13. Zakon.kz. Нормативно-правовой документ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39585910. Дата обращения: 17.02.2025
14. Kessler R., Béchet N., Berio G. Extraction of Terminology in the Field of Construction // First International Conference on Digital Data Processing (DDP). – 2019. – No. 22-26.
15. Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства регионального развития Республики Казахстан. (2013). СП РК 4.01-102-2013. Внутренние санитарно-технические системы (Введен впервые, соответствует СП РК 4.01-05-2013). Утвержден приказом КДСиЖКХ МРР РК от 28.12.2013 № 407-НҚ (утратившим силу).
16. Martínez-González M., Alvite-Díez M. On the evaluation of thesaurus tools compatible with the Semantic Web // Journal of Information Science. – 2014. – No. 40. – P. 711-722.
17. Mandal S. Integration of External Repositories with TemaTres for Easy Access of Related Terms // Library Philosophy and Practice. – 2021.

Данное исследование выполнено в соответствии с Договором №225-2020-05 от 04.02.2020 года в рамках выполнения государственного задания на оцифровку АГСК 1.1. «Нормативные правовые и нормативные технические документы», реализуемого в рамках республиканской бюджетной программы 225 «Реализация мероприятий по совершенствованию архитектурной, градостроительной и строительной деятельности».

Материал поступил в редакцию 17.02.25, принят 12.05.25.

З.Е. Кабжан[1], А.Ю. Шахнович[1], Н.Т. Шогелова[1], Е.Д. Глызно[1], С.В. Исаенко[2]

[1]Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты, Алматы қ., Қазақстан
[2]«QazCode» ЖШС, Астана қ., Қазақстан

ҚҰРЫЛЫС САЛАСЫНЫҢ ЦИФРЛЫҚ ТЕЗАУРУСЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ: ӘДІСТЕМЕСІ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУЫ

Аңдатпа. Құрылыс саласының қазіргі даму кезеңі терминологияны біріздендіру мен стандарттауды талап етеді, әсіресе цифрландыру және ақпараттық модельдеу технологияларын енгізу жағдайында. Бұл мақалада нормативтік-құқықтық және нормативтік-техникалық құжаттамада қолданылатын ұғымдарды жүйелеуге бағытталған құрылыс саласының цифрлық тезаурусын қалыптастыру

процесі қарастырылады. 1566 нормативтік құжатқа талдау жүргізіліп, оның нәтижесінде 4210 қолданыстағы термин мен 10226 термин-кандидат анықталды. Деректерді өңдеу үшін жиілік талдауы, лингвистикалық өңдеу және сараптамалық бағалау әдістері қолданылды. Тезаурусты басқару платформасы ретінде Tematres таңдалды, ол терминдерді құрылымдық түрде көрсету, көптілділікті қолдау және SKOS пен RDF халықаралық стандарттарына интеграциялау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Платформаның негізгі артықшылықтарына ашық бастапқы код, икемді баптау параметрлері, автоматтандырылған іздеу және эквивалентті терминдерді қолдау жатады. Алайда, кейбір шектеулер анықталды, соның ішінде семантикалық байланыстарды визуализациялау құралдарының болмауы және онтологиялық модельдерді қолдаудың шектеулігі. Зерттеу нәтижелері ұсынылған әдістің нормативтік бақылауды автоматтандыру және интеллектуалды іздеуді жетілдіру үшін тиімділігін растайды. Қалыптастырылған тезаурус сандық жобалау және сараптау жүйелеріне интеграцияланып, терминологиялық қайшылықтарды жоюға және нормативтік талаптардың дәлдігін арттыруға ықпал етеді.

Тірек сөздер: цифрлық тезаурус, құрылыс саласы, терминологияны стандарттау, нормативтік-техникалық құжаттама, автоматтандырылған деректерді талдау, Tematres.

Z. Kabzhan[1], A. Shakhnovich[1], N. Shogelova[1], Y. Glyzno[1], S. Issayenko[2]

[1]Kazakh Research and Design Institute of Construction and Architecture, Almaty, Kazakhstan
[2]LLP «QazCode», Astana, Kazakhstan

FORMATION OF A DIGITAL THESAURUS FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY: METHODOLOGY AND IMPLEMENTATION

Abstract. The modern development of the construction industry requires the unification and standardization of terminology, especially in the context of digitalization and the implementation of Building Information Modeling (BIM) technologies. This article examines the process of forming a digital thesaurus for the construction industry, aimed at systematizing concepts used in regulatory and technical documentation. An analysis of 1566 regulatory documents was conducted, resulting in the identification of 4210 existing terms and 10226 candidate terms. Data processing methods included frequency analysis, linguistic processing, and expert evaluation. The Tematres platform was chosen as the thesaurus management system, providing structured term representation, multilingual support, and integration with international standards SKOS and RDF. The platform's key advantages include open-source accessibility, flexible configuration, automated search, and equivalent term support. However, several limitations were identified, such as the lack of tools for semantic relationship visualization and limited support for ontological models. The obtained results confirm the efficiency of the proposed approach for automating regulatory control and enhancing intelligent search. The developed thesaurus can be integrated into digital design and expert evaluation systems, facilitating the elimination of terminological inconsistencies and improving the accuracy of regulatory requirements.

Keywords: digital thesaurus, construction industry, terminology standardization, regulatory and technical documentation, automated data analysis, Tematres.

References

1. Yaskevich V., Kuspangaliyev B., Khodzhikov A. Analiz natsional'nogo opyta vnedreniya BIM [Analysis of national experience in BIM implementation] // Project Baikal Founders: Elena Ivanovna Grigorieva. – 2023. – Vol. 20. – No. 75. – P. 105-111. [in Russian].

2. Dorzheyeva O.A. Tezaurusnoye modelirovaniye terminologii stroitel'stva [Thesaurus modeling of construction terminology] // Bulletin of the Chelyabinsk State University. – 2013. – No. 31 (322). – P. 85-87. [in Russian].
3. Abdurakhmanova A.Z. Terminologiya stroitel'stva kak ob"yekt tezaurusnogo modelirovaniya [Construction terminology as an object of thesaurus modeling] // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Philological sciences. – 2016. – No. 2 (68) (2-1). – P. 17-23. [in Russian].
4. Sunny S.K., Angadi M. Applications of thesaurus in digital libraries // DESIDOC Journal of Library and Information Technology. Defence Scientific Information and Documentation Centre. – 2017.
5. Gonzales-Aguilar A., Ramírez-Posada M., Ferreyra D. TemaTres: software para gestionar tesauros // Profesional de La Informacion. – 2012. – No. 21(3). – P. 319-325.
6. Rejowski M., Barbanti C.H. Construção de um Tesauro Brasileiro de Turismo // Revista Turismo Em Análise. – 2019. – No. 29 (2). – P. 182-195.
7. Berg M., Bains S., Suri S. South Asian Canadian Digital Archive Thesaurus // KULA: Knowledge Creation, Dissemination, and Preservation Studies. – 2022. – No. 6 (3). – P. 1-7.
8. Autiero S., Elwert F., Moscatelli C., Pons J. The Seven Steps: Building the DiGA Thesaurus // Journal of Open Humanities Data. – 2023. – No. 9.
9. Zeng W. Exploration and study of multilingual thesauri automation construction for digital libraries in China // Electronic Library. – 2012. – No. 30 (2). – P. 233-247.
10. Grigor'yev D.S. Sovremennyye vzglyady na rol' tsifrovykh tekhnologiy v obespechenii ekonomicheskoy bezopasnosti stroitel'noy otrasli [Modern views on the role of digital technologies in ensuring economic security of the construction industry] // Innovations and Investments. – 2023. – No. 8. – P. 339-344. [in Russian].
11. Zhang J., El-Gohary N. Automated Information Transformation for Automated Regulatory Compliance Checking in Construction // J. Comput. Civ. Eng. – 2015. – No. 29.
12. National Research and Design Institute of Construction and Architecture. Unified System of Classification and Coding of Construction Resources (ESKKS) [Electronic resource]. - Access mode: https://kazniisa.kz/eskks/. Date of access: 17.02.2025. [in Russian].
13. Zakon.kz. Regulatory document [Electronic resource]. - Access mode: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39585910. Date of access: 17.02.2025 [in Russian].
14. Kessler R., Béchet N., Berio G. Extraction of Terminology in the Field of Construction // First International Conference on Digital Data Processing (DDP). – 2019. – No. 22-26.
15. Committee for Construction and Housing and Communal Services of the Ministry of Regional Development of the Republic of Kazakhstan. (2013). SP RK 4.01-102-2013. Internal Sanitary and Technical Systems (Introduced for the first time; corresponds to SP RK 4.01-05-2013). Approved by Order No. 407-NQ dated 28.12.2013 (now void). [in Russian].
16. Martínez-González M., Alvite-Díez M. On the evaluation of thesaurus tools compatible with the Semantic Web // Journal of Information Science. – 2014. – No. 40. – P. 711-722.
17. Mandal S. Integration of External Repositories with TemaTres for Easy Access of Related Terms // Library Philosophy and Practice. – 2021

ҒТАМР 67.29.03

Д.Ж. Артықбаев ©

PhD, аға оқытушы
https://orcid.org/0000-0003-4794-8707
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан
artykbaev_d@mail.ru

https://doi.org/10.55956/WODO9376

ҰЛЫБРИТАНИЯ ҚҰРЫЛЫС СЕКТОРЫНЫҢ ПАНДЕМИЯДАН КЕЙІНГІ ТҰРАҚТЫ ДАМУ ЖОЛЫНДАҒЫ РЕФОРМАЛАРЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада Ұлыбритания елінің құрылыс саласындағы соңғы онжылдықтағы өзгерістері мен реформалары қарастырылды. Елдің құрылыс индустриясы урбанизация, технологиялық прогресс және жасыл құрылыс талаптарына бейімделіп, экономикалық, экологиялық және әлеуметтік аспектілерге елеулі ықпал етті. Зерттеуде құрылыс секторындағы жұмыс күшінің тапшылығы, тұрақты даму қажеттілігі және инновацияларға көшу процестері талданды. Құрылыс Ақпараттық Моделдеу (BIM) және толықтырылған шындық (AR) технологияларының құрылыс процестеріне енгізілуін жобалау мен құрылыс тиімділігін арттырып, экологиялық таза шешімдерді қабылдауға ықпал етті. Сонымен қатар, инфрақұрылымдық және тұрғын үй секторының пандемиядан кейінгі қалпына келуін сипаттайтын статистикалық мәліметтер ұсынылады. Мақалада құрылыс саласының дамуындағы инновациялардың рөлі, қоғамдық және жеке сектордағы жобалардың өсу қарқыны, сондай-ақ саланың болашақтағы өсуіне қажетті тұрақты инвестициялардың маңыздылығы айқындалады.

Тірек сөздер: Ұлыбритания құрылыс саласы, тұрақты даму, құрылыс реформалары, урбанизация, жасыл құрылыс, Құрылыс Ақпараттық Моделдеу (BIM), инновациялар, инфрақұрылым, тұрғын үй секторы, экологиялық тұрақтылық.

Артықбаев, Д.Ж. Ұлыбритания құрылыс секторының пандемиядан кейінгі тұрақты даму жолындағы реформалары [Мәтін] / Д.Ж. Артықбаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.300-307. https://doi.org/10.55956/WODO9376

Кіріспе. Ұлыбританиядағы құрылыс саласы соңғы онжылдықта айтарлықтай өзгерістерге ұшырап, экономикалық, экологиялық және әлеуметтік салаларға елеулі ықпал етуде. Әлемдегі ең дамыған инфрақұрылымдық жүйелердің біріне ие бола отырып, елдің құрылыс индустриясы урбанизация, технологиялық прогресс және жасыл құрылыс талаптарына сай бейімделуде. Бұл даму үдерістері қалаларды дамыту мен ірі инфрақұрылымдық жобаларды жүзеге асыруда маңызды рөл атқарды. Экономикалық өсуді қамтамасыз етумен қатар, құрылыс секторы экологиялық тұрақтылықты арттыруға және қоғамның әл-ауқатын жақсартуға бағытталған бірқатар өзгерістерді қамтыды [1]. Қазіргі таңда Ұлыбританияның құрылыс саласы түрлі қиындықтарға тап болып отыр.

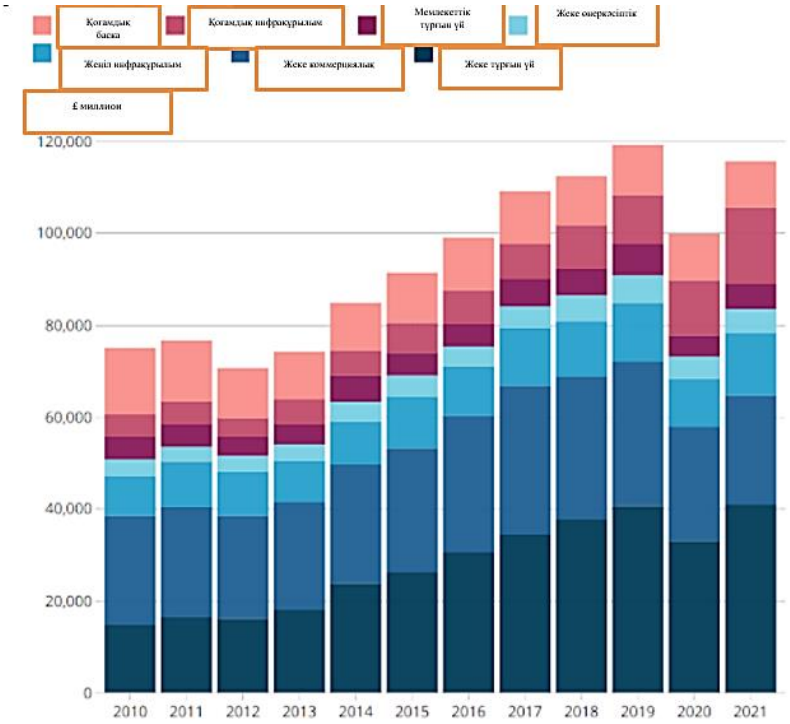
Жұмыс күшінің жетіспеушілігі мен тұрақты құрылыс әдістеріне көшу қажеттілігі осы саланы қайта құруға итермеледі. Жасыл құрылыс пен экологиялық таза материалдарды қолдану қажеттілігі экологиялық мәселелерді шешуде маңызды рөл атқарса, жаңа технологиялар (мысалы, Құрылыс Ақпараттық Моделдеу (BIM) және толықтырылған шындық (AR) жобаларды басқаруда төңкеріс жасауда. Бұл құралдар жобалау мен құрылыс процестерінде дәлдікті арттырып, қалдықтарды азайтуға және құрылыс алаңдарындағы қауіпсіздікті жақсартуға көмектеседі [2]. Сонымен қатар, ақылды технологиялардың ғимарат дизайнына енгізілуі энергия тиімділігі мен ұзақ мерзімді үнемдеуді қамтамасыз ете отырып, қалалық экологиялық таза шешімдерге деген сұраныстың артуына ықпал етті. Осы жетістіктер Ұлыбританияның құрылыс ландшафтын қалыптастырып, саланы тұрақты және бейімделгіш болуға итермелейді.

Әдебиеттерге шолу. Ұлыбританияның құрылыс индустриясының дамуы экономикалық саясат, жұмыс күші, және салалық реформалардың кешенді әсерімен қалыптасқан. Экономикалық саясаттың, әсіресе тұрғын үй және жұмыспен қамту салаларына қатысты шешімдердің ықпалы ерекше байқалады. Атап өткендей, мемлекеттік тұрғын үй саясатының жекешелендіруге ауысуы құрылыс сұранысының экономикалық өзгерістерге [3], әсіресе пайыздық мөлшерлемелерге сезімтал болуына алып келді. Сонымен қатар, жекешелендіру және қайта реттеу процестері өзін-өзі жұмыспен қамту және тәуелсіз келісімшарттарға көшуді ынталандырып, жұмыспен қамту үлгісін өзгертті. Құрылыс саласының сапасын жақсарту үшін уақыт пен шығындарды басқару бойынша стратегияларды алға тартты, бұл ұсыныстар тұрақтылық пен әділ жұмыспен қамту жағдайларын қамтамасыз етуге бағытталған [4]. Бұл есептер саланың өнімділігін арттыру үшін негізгі реформаларға жол ашты.

Құрылыс саласындағы жұмыс күшінің тапшылығы да маңызды мәселе болып табылады. Құрылыс саланың жұмыс күшінің негізінен ерлерге тәуелділігіне байланысты қиындықтар айтылған [5]. Бұл жағдай жұмысқа қабылдау қиындықтарына және әйелдер арасындағы әлеуетті таланттардың жеткіліксіз қолданылуына әкелді. Әйелдерді жұмысқа алу және оларды сақтап қалу стратегиялары құрылыс саласының дамуы үшін маңызды деп саналады. Ұлыбританияның құрылыс индустриясы, әсіресе 1990 жылдардан бері, маңызды реформаларға ұшырады [6]. «Құрылысты қайта қарастыру» сияқты бастамалар арқылы саладағы ынтымақтастықты, интеграцияны және инновацияларды жақсарту қажеттілігін атап өтеді. Осы реформаларды жүзеге асыру саланың мәдениетіне елеулі әсер етсе де, институционалдық инерция және кейбір мәдени кедергілер байқалды [7].

Инновациялар және тұрақтылық құрылыс саласындағы дамудың қайталанатын тақырыбы болып табылады [8]. Ұлыбританияның құрылыс секторында алдағы 10-20 жыл ішінде болатын мүмкіндіктер мен қиындықтарды зерттей отырып, саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында стратегиялық жоспарлауды ұсынды. Бұл сала экономикалық тиімділікті қамтамасыз ету үшін жаңа технологиялар мен тұрақты шешімдерге бейімделуді жалғастыруда.

Құрылыс индустриясындағы реформалар мен бастамалар саланың тұрақты дамуына ықпал етіп, экономикалық, әлеуметтік, және экологиялық факторлардың өзара байланысын нығайтты.



Сурет 1. Ұлыбританиядағы 2010-2021 жылдардағы құрылыс саласының даму көрсеткіштері (миллион фунт стерлинг)

1-суретте Ұлыбританияның құрылыс саласындағы өзгерістер көрсетілген. Бұл гистограмма 2010-2021 жылдар аралығында құрылыс көлемдерінің динамикасын бейнелейді. 2019 жылға дейін құрылыс жұмыстары тұрақты өскен болса, 2020 жылы COVID-19 пандемиясы әсерінен құрылыс көлемі күрт төмендеді. 2021 жылы құрылыс секторы қайтадан өсуге бет алды, жалпы жаңа жұмыстар көлемі 15,3%-ға артты. Дегенмен, жеке коммерциялық жобалардағы өндіріс 4,2%-ға төмендеді, бұл 2020 жылғы 21,3% құлдыраумен салыстырғанда айтарлықтай жақсаруды көрсетеді.

Жеке тұрғын үй секторы да жоғары өсім көрсетті, оның өндіріс көлемі 2022 жылы 6,4%-ға өсуі күтілді. Алайда, 2023 жылы бұл саладағы сұраныстың әлсіреуі болжанып отыр, себебі несие мөлшерлемелері мен материалдар бағасының көтерілуі құрылысқа кері әсерін тигізуде.

Суреттегі деректерді ескере отырып, жалпы құрылыс көлемдері 2022 жылы 2,8%-ға, ал 2023 жылы 2,2%-ға өсуі болжанып отыр. Бірақ, бұл көрсеткіштер алдыңғы болжамдармен салыстырғанда төмен болып есептеледі. Энергия мен шикізат бағасының өсуі, инфляцияның күшеюі құрылыс саласына теріс ықпалын тигізіп, материалдардың бағасын көтеріп, сұранысты төмендетуі мүмкін.

2022 жылғы Ұлыбританияның құрылыс саласындағы жаңа жұмыс түрлерінің жылдық өзгерістерін талдайтын 1-кесте құрылыс секторының пандемиядан кейінгі қалпына келу үдерісін көрсетеді.

Кесте 1

Ұлыбританиядағы құрылыс саласындағы жаңа жұмыс түрлерінің 2021-2022 жылдар аралығындағы жылдық өзгерістері

Жұмыс түрі	Өзгеріс (%)	Жылдық өзгеріс (£ миллион)	2022 жылғы мәні (£ миллион)
1. Жалпы жаңа жұмыс	15,8	18161	132989
2. Жалпы жеке	16,8	14093	97794
3. Жалпы қоғамдық	13,1	4068	35194
4. Жаңа тұрғын үйлер	22,9	10527	56584
5. Қоғамдық	23,3	1171	6198
6. Жеке	22,8	9356	50386
7. Жалпы инфрақұрылым	10,7	3185	32893
8. Қоғамдық инфрақұрылым	19,3	3081	19070
9. Жеке инфрақұрылым	0,8	103	13824
10. Басқа жаңа жұмыс	11,4	4449	43511
11. Қоғамдық	-1,8	-184	9927
12. Жеке энергетика	56,0	2911	8111
13. Жеке коммерциялық	7,3	1723	25473

Жалпы алғанда, жаңа құрылыс жұмыстарының көлемі 15,8%-ға өсті, бұл салада оң серпіннің бар екенін дәлелдейді. Жеке сектордағы жаңа жұмыстар 16,8%-ға өсіп, £97,794 миллионды құраған болса, қоғамдық секторда 13,1%-дық өсім байқалып, £35,194 миллионға жетті. Бұл жеке сектордың жетекші рөл атқаратынын және құрылыс саласындағы сұраныстың жоғары екенін көрсетеді.

Жаңа тұрғын үйлер сегменті ең жоғары өсімді көрсетіп, 22,9%-ға артты. Бұл £56,584 миллионға теңеліп, нарықтағы белсенділіктің айқын дәлелі болды. Оның ішінде, жеке тұрғын үйлер сегменті 22,8%-дық өсіммен ерекшеленді, ал қоғамдық тұрғын үйлер 23,3%-ға артты. Бұл жеке және қоғамдық тұрғын үй құрылысына деген сұраныстың едәуір артқанын білдіреді.

Инфрақұрылымдық жобаларға келетін болсақ, жалпы инфрақұрылым көлемі 10,7%-ға артып, £32,893 миллионға жетті. Бұл жерде қоғамдық инфрақұрылым жобаларының айтарлықтай өскені байқалады – 19,3%-ға артып, £19,070 миллионға жетті, ал жеке инфрақұрылымның өсімі тек 0,8%-ды құрады, бұл £13,824 миллион болды. Бұл деректер қоғамдық инфрақұрылымның басымдылығын көрсетіп, жеке инфрақұрылым жобаларының салыстырмалы түрде баяу дамығанын айғақтайды.

Басқа жаңа жұмыстар арасында айтарлықтай өсім жеке өнеркәсіптік секторда байқалды, мұнда 56%-ға өсіп, £8,111 миллионға жетті. Сонымен қатар, қоғамдық секторда кері құлдырау тіркеліп, бұл сектордағы өндіріс көлемі 1,8%-ға азайды, £9,927 миллионға жетті. Бұл қоғамдық секторда кейбір қиындықтардың бар екенін, мысалы, бюджеттік қысымдар мен мемлекеттік шығындарды қысқарту сияқты мәселелерді көрсетеді.

Қорытындылай келе, 1-кесте Ұлыбританияның құрылыс саласының жалпы оң динамикасын, әсіресе жеке сектордағы белсенділікті көрсетеді. Тұрғын үй, өнеркәсіптік және инфрақұрылымдық жобалар секторларының барлығында өсім байқалады. Дегенмен, қоғамдық сектордағы кейбір қиындықтар да байқалып, осы бағыттағы тұрақты инвестиция мен қолдау қажет екенін көрсетті.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеуде Ұлыбританияның құрылыс саласының дамуын және оның экономикалық көрсеткіштерін талдау

үшін бірнеше әдіс қолданылды. Зерттеудің негізінде 2021-2022 жылдар аралығындағы құрылыс жұмыстарының көрсеткіштерін бағалау және әртүрлі секторлардағы жылдық өзгерістерді зерттеу жатыр.

Зерттеу барысында Ұлыбританияның Ұлттық статистикалық басқармасы (Office for National Statistics) ұсынған деректер пайдаланылды. Бұл деректер әртүрлі құрылыс секторлары бойынша құрылыс жұмыстарының көлемін, жылдық өзгерістерін және олардың экономикалық көрсеткіштерін қамтиды. Атап айтқанда, тұрғын үй, инфрақұрылым және өнеркәсіптік секторлар бойынша нақты сандар алынып, олардың жылдық өсу қарқыны есептелді.

Зерттеу әдістері ретінде салыстырмалы талдау және статистикалық бағалау қолданылды. Біріншіден, 2022 жылы құрылыс саласындағы жалпы өсу қарқынын талдау үшін салыстырмалы әдіс қолданылды, ол 2021 жылғы көрсеткіштермен салыстырылды. Осы әдіс арқылы құрылыс жұмыстарының жалпы өсімі, оның ішінде жеке және қоғамдық секторлардағы өсімдер анықталды.

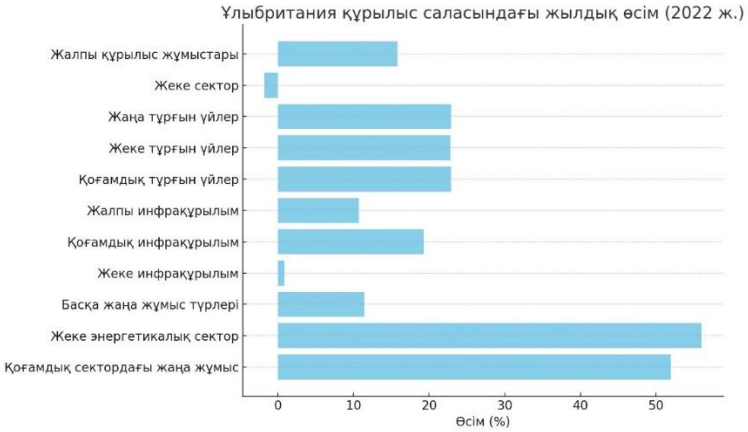
Екіншіден, әрбір сектор бойынша жылдық өзгерістер есептелді, яғни әр сектордағы өндіріс көлемінің өзгеру деңгейі пайыздық мөлшерде анықталды. Бұл деректер құрылыс саласының әртүрлі бағыттарындағы даму үрдістерін және олардың жалпы экономикаға әсерін бағалауға мүмкіндік берді [9].

Сондай-ақ, инфрақұрылымдық және тұрғын үй секторы бойынша мәліметтерге талдау жасалды, әсіресе олардың жылдық өсімі мен жалпы экономикалық маңыздылығы зерттелді. Жеке және қоғамдық секторлар арасындағы айырмашылықтар мен олардың жалпы құрылыс саласындағы рөлі анықталды.

Зерттеу нәтижелері Ұлыбританияның құрылыс саласында 2021-2022 жылдар аралығында айтарлықтай өсім болғанын көрсетті. Жалпы құрылыс жұмыстарының көлемі 2022 жылы 15,8%-ға артып, £132,989 миллионды құрады. Бұл көрсеткіш құрылыс секторының пандемиядан кейінгі кезеңде қайта қалпына келуін және жалпы экономикалық белсенділіктің артуын көрсетеді. Жеке сектор құрылыс жұмыстарының негізгі қозғаушы күші болды, оның үлесі 16,8%-ға артып, £97,794 миллионды құрады. Бұл өсім жеке тұрғын үйлер мен өнеркәсіптік жобаларға деген жоғары сұраныспен байланысты. Жаңа тұрғын үйлер секторы ең жоғары өсімді көрсетіп, 22,9%-ға артты, бұл £56,584 миллионға тең. Оның ішінде жеке тұрғын үйлер сегменті 22,8%-ға, ал қоғамдық тұрғын үйлер 23,3%-ға өсті. Бұл тұрғын үй құрылысына деген сұраныстың айтарлықтай артқанын көрсетеді.

Инфрақұрылымдық секторда да тұрақты өсім байқалды. Жалпы инфрақұрылым көлемі 10,7%-ға артып, £32,893 миллионды құрады. Бұл секторда қоғамдық инфрақұрылымның 19,3%-дық өсімі (£19,070 миллион) айтарлықтай рөл атқарды, ал жеке инфрақұрылым тек 0,8%-ға ғана өсті (£13,824 миллион). Бұл қоғамдық инфрақұрылым жобаларының басымдықта екенін және жеке сектордың инфрақұрылымдық инвестицияларындағы салыстырмалы бәсеңдеуді көрсетеді. Басқа жаңа жұмыс түрлері бойынша жеке өнеркәсіптік сектор ең үлкен өсім көрсетті – 56,0%-ға артып, £8,111 миллионды құрады. Бұл өнеркәсіптік құрылыста инновациялар мен жаңа жобалардың артуын көрсетеді. Дегенмен, қоғамдық сектордағы басқа жаңа жұмыстардың көлемі 1,8%-ға төмендеді, бұл £9,927 миллионды құрады, бұл мемлекеттік жобаларға деген инвестицияның қысқарғанын білдіреді [10]. Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері Ұлыбританияның құрылыс секторының 2022 жылы оң динамика көрсеткенін және жеке сектордың өсімге

айтарлықтай үлес қосқанын көрсетті (2-сурет). Сонымен қатар, қоғамдық инфрақұрылымға да үлкен назар аударылып, инвестициялар салынуда. Алайда, кейбір қоғамдық жобалардағы құлдырау мен жеке инфрақұрылым саласындағы баяу даму кейбір салаларда қиындықтардың бар екенін көрсетеді.



Сурет 2. Ұлыбритания құрылыс саласындағы 2022 жылғы жылдық өсім көрсеткіштері

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу нәтижелері Ұлыбританияның құрылыс саласының 2022 жылы айтарлықтай өскенін және пандемиядан кейінгі қалпына келтіру үдерісін сәтті жүзеге асырғанын көрсетеді. Жалпы құрылыс жұмыстарының көлемі 15,8%-ға артып, бұл саладағы экономикалық белсенділіктің жоғарылағанын және инвестициялар көлемінің өскенін дәлелдейді. Бұл өсу құрылыс саласының Ұлыбритания экономикасында маңызды рөл атқаратынын және оның елдің жалпы экономикалық қалпына келуіне елеулі үлес қосатынын айғақтайды.

Жеке сектор құрылыс жұмыстарының негізгі қозғаушы күші болды. Жеке сектордағы өсім 16,8%-ды құрады, бұл жеке тұрғын үйлер мен өнеркәсіптік жобаларға жоғары сұраныстың сақталғанын көрсетеді. Әсіресе, тұрғын үй нарығының қарқынды дамуы (22,9% өсім) жеке сектордың тұрғын үй құрылысына инвестиция салуға ынталандырғанын көрсетеді. Жеке және қоғамдық тұрғын үйлерде байқалған өсім халықтың тұрғын үйге деген қажеттілігінің артқанын және тұрғын үй нарығындағы өзгерістердің құрылыс саласына айтарлықтай әсер еткенін көрсетеді.

Инфрақұрылымдық сектордағы өсу қарқыны салыстырмалы түрде төмен болғанымен, 10,7% өсім әлі де оң нәтижені көрсетеді. Қоғамдық инфрақұрылымда айтарлықтай өсім (19,3%) байқалғанымен, жеке инфрақұрылымның баяу дамуы (0,8%) бұл сектордағы инвестициялардың жеткіліксіздігін көрсетеді. Қоғамдық инфрақұрылым жобалары басым болғанымен, жеке сектордың инфрақұрылымға қызығушылығының төмендігі осы бағытта қосымша ынталандыруды қажет етеді.

Басқа жаңа жұмыс түрлері бойынша жеке өнеркәсіптік сектордың айтарлықтай жоғары өсімін (56,0%) атап өтуге болады. Бұл өсім инновациялардың артуымен және өнеркәсіптік жобаларға инвестиция салуға бағытталған шаралардың тиімділігімен түсіндіріледі. Дегенмен, қоғамдық сектордағы жаңа жұмыстар көлемі 1,8%-ға төмендегенін ескеру керек, бұл

мемлекеттік жобаларға қаржы бөлудің азайғанын және олардың іске асырылуындағы қиындықтарды көрсетеді.

Жалпы алғанда, құрылыс саласының 2022 жылғы көрсеткіштері оң динамиканы көрсеткенімен, кейбір салаларда инвестициялардың жеткіліксіздігі байқалады, әсіресе жеке инфрақұрылым саласында. Қоғамдық сектордағы инвестициялардың артқанына қарамастан, мемлекеттік жобаларда белгілі бір қиындықтар бар. Осылайша, құрылыс секторының болашақтағы өсуі үшін инфрақұрылымдық жобаларға және тұрақты даму шешімдеріне көбірек назар аударылуы қажет.

Қорытынды. Ұлыбританияның құрылыс саласы 2021-2022 жылдар аралығында пандемиядан кейінгі қалпына келу үдерісін сәтті жүзеге асырғанын көрсетті. Жалпы құрылыс жұмыстарының көлемі айтарлықтай өсіп, экономикалық белсенділік артып, тұрғын үй, инфрақұрылым және өнеркәсіптік жобаларға деген сұраныстың артқаны байқалды. Бұл өсім елдің экономикасына құрылыс секторының елеулі үлес қосатынын дәлелдеді.

Жеке сектор, әсіресе жеке тұрғын үйлер мен өнеркәсіптік жобалар, құрылыс саласының негізгі қозғаушы күші болды. Тұрғын үй секторының 22,9%-ға өсуі халықтың тұрғын үйге деген қажеттілігін қанағаттандырудағы маңызды қадам болып саналады. Сонымен қатар, инфрақұрылымдық сектор да тұрақты өсімді сақтап, қоғамдық инфрақұрылым жобаларына басымдық берілгені байқалды.

Дегенмен, жеке инфрақұрылымдағы салыстырмалы баяу даму және қоғамдық сектордағы кейбір инвестициялардың қысқаруы белгілі бір қиындықтарды көрсетеді. Бұл мәселелерді шешу үшін инфрақұрылымға қосымша инвестициялар қажет және мемлекеттік жобаларды іске асырудағы тиімділік артуы тиіс.

Қорытындылай келе, Ұлыбританияның құрылыс секторының болашақтағы өсуі үшін инновацияларды арттыру, тұрақты даму шешімдерін қолдану және инфрақұрылымға бағытталған инвестицияларды күшейту маңызды. Бұл сала ел экономикасының тұрақтылығын қамтамасыз етуде және халықтың әл-ауқатын жақсартуда маңызды рөл атқаратынын ескере отырып, оның болашағына оң көзқарас қалыптасып отыр.

Әдебиеттер тізімі

1. Office for National Statistics (ONS). (2023, November 28). Construction statistics, Great Britain: 2022. ONS website.
2. Hartwell J., Gorse C., Christopher J.N. Construction Organisation Structure and Innovation Adoption // Proceeding of the 34th Annual ARCOM Conference. – 2018. – P. 647-656.
3. Harvey M. The United Kingdom: Privatization, fragmentation, and inflexible flexibilization in the UK construction industry //Building Chaos. – Routledge, 2002. – P. 204-225.
4. Gruneberg S. A strategic approach to the UK construction industry. – Routledge, 2018.
5. Amaratunga D. et al. The role of women in construction industry development: The UK Perspective. – 2007.
6. Andries, G., Doree. Making Sense of Construction Improvement // Construction Management and Economics. – 2012.
7. Kumaraswamy M., Mahesh G. Dynamics of construction industry development //Research Companion to Construction Economics. – Edward Elgar Publishing, 2022. – P. 153-177.
8. Goodier C. I. et al. Towards sustained competitiveness in UK construction: a multi-methodological approach. – CIB World Building Congress, 2007.

9. Green S. D. et al. On the discourse of construction competitiveness //Building research & information. – 2008. – Т. 36. – №. 5. – С. 426-435.
10. Green S. D., Kao C. C., Larsen G. D. Contextualist research: Iterating between methods while following an empirically grounded approach //Journal of construction engineering and management. – 2010. – Vol. 136. – No. 1. – P. 117-126.

Материал редакцияға 01.11.24 түсті, 25.03.25 қабылданды.

Д.Ж. Артыкбаев

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

РЕФОРМА В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ ВЕЛИКОБРИТАНИИ ПОСЛЕ ПАНДЕМИИ:ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

Аннотация. В данной статье рассматриваются изменения и реформы в строительном секторе Великобритании за последнее десятилетие. Строительная индустрия страны адаптировалась к урбанизации, технологическому прогрессу и требованиям зеленого строительства, оказав значительное влияние на экономические, экологические и социальные аспекты. В исследовании анализируются дефицит рабочей силы в строительстве, необходимость устойчивого развития и процессы перехода к инновациям. Внедрение технологий строительного информационного моделирования (BIM) и дополненной реальности (AR) повысило эффективность проектирования и строительства, способствовало принятию экологически чистых решений. Также представлены статистические данные, описывающие восстановление инфраструктурного и жилищного секторов после пандемии. В статье подчеркивается роль инноваций в развитии строительной отрасли, темпы роста проектов в публичном и частном секторах, а также важность устойчивых инвестиций, необходимых для будущего роста сектора.

Ключевые слова: строительный сектор Великобритании, устойчивое развитие, строительные реформы, урбанизация, зеленое строительство, строительное информационное моделирование (BIM), инновации, инфраструктура, жилищный сектор, экологическая устойчивость.

D.Zh. Artykbaev

M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

REFORM IN THE UK CONSTRUCTION SECTOR AFTER THE PANDEMIC: PATHS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract. This article examines the changes and reforms in the UK construction sector over the past decade. The country's construction industry has adapted to urbanization, technological progress, and the demands of green building, significantly impacting economic, environmental, and social aspects. The study analyzes the labor shortage in construction, the need for sustainable development, and the processes of transitioning to innovation. The implementation of Building Information Modeling (BIM) and Augmented Reality (AR) technologies has enhanced the efficiency of design and construction, facilitating the adoption of environmentally friendly solutions. Additionally, statistical data describing the recovery of the infrastructure and housing sectors after the pandemic is presented. The article emphasizes the role of innovations in the development of the construction industry, the growth rates of projects in the public and private sectors, as well as the importance of sustainable investments needed for the future growth of the sector.

Keywords: UK construction sector, sustainable development, construction reforms, urbanization, green building, Building Information Modeling (BIM), innovations, infrastructure, housing sector, environmental sustainability.

ҒТАМР 67.21.17

М.О. Иманов[1] – *негізгі автор*,
К.А. Абдрахманова[2], **А.А. Абдрахманова**[3],
Ш.Б. Толеубаева[4], **И.Б. Ташмуханбетова**[5]

©

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

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-7963-5417 [2]https://orcid.org/0000-0002-7218-4502 [3]https://orcid.org/0000-0002-5054-5637 [4]https://orcid.org/0000-0002-8044-5346 [5]https://orcid.org/0000-0002-4066-8238*

[1,2,3]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан
[4]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ., Қазақстан
[5]Халықаралық білім беру корпорациясы ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

@ *[3]aardasha@list.ru*

https://doi.org/10.55956/HWXJ7002

СУ БАСУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ҚҰРЫЛЫСТАРЫНЫҢ ГИПСТЕЛГЕН ШАҢДЫ ҚҰМДАРЫНЫҢ СҮЗУ ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада су басу жағдайында орналасқан топырақ құрылыстарында гипсті өңделген шаңды құмдардың фильтрациялық қасиеттері қарастырылады. Гипстің жоғары ылғалдылық және суға қанығу жағдайларындағы фильтрация сипаттамаларына әсері ерекше назарға алынған. Гипс қолданылғаннан кейін құмдардың өткізгіштігін өзгерту бойынша жүргізілген зертханалық сынақтардың әдістері, сондай-ақ су басудың фильтрациялық процестерге әсері сипатталған. Зерттеу нәтижелері гипсті өңделген шаңды құмдардың су басуға қарсы төзімділігінің жақсарғанын көрсетті, бұл гипс құрамдарының қалыптасуымен түсіндіріледі, олар бөлшектердің қозғалғыштығын азайтып, құрылымның тұрақтылығын арттырады. Мақалада гипсті топырақ құрылымдарының тиімділігін арттыру үшін қоспа ретінде пайдалану туралы ұсыныстар да беріледі, әсіресе су басу және жоғары су қанығу сияқты гидрогеологиялық жағдайларында.

Тірек сөздер: сүзу, гипстелген шаңды құмдар, өткізгіштік, топырақтың тұрақтылығы, жер сулары.

Иманов, М.О. Су басу жағдайындағы топырақ құрылыстарының гипстелген шаңды құмдарының сүзу қасиеттері [Мәтін] / М.О. Иманов, К.А. Абдрахманова, А.А. Абдрахманова, Ш.Б. Толеубаева, И.Б. Ташмуханбетова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.308-317. https://doi.org/10.55956/HWXJ7002

Кіріспе. Тұзды топырақтар Қазақстан Республикасының құрғақ және жартылай аридті аймақтарында кең таралған. Тұзды топырақтарда жер инженерлік құрылыстарын салу мәселесі қазіргі уақытта автомобиль және темір жолдардың, көпірлердің, туннельдердің, сондай-ақ осы топырақтар жиі кездесетін елдің құрғақ аймақтарында әртүрлі гидротехникалық және

гидромелиорациялық құрылыстардың (бөгеттер, бөгеттер, су қоймалары) қарқынды құрылысына байланысты өзекті болып табылады. Қазақстанның осы аудандарында осындай объектілерді салу үшін тұзды топырақты кешенді зерттеу қажет.

Қазіргі уақытта, Қазақстанның ірі өңірлерінде, оның ішінде тұзды топырақтармен жиналған аумақтарда қатты су тасқыны мен су тасқынына байланысты су басқан жерлердің гидрогеологиялық құрылымында елеулі өзгерістер болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде тау жыныстарының құрылымында, әсіресе су басқан аумақтардың тұзды топырақтарында түбегейлі өзгерістерге әкелуі мүмкін. Сондықтан, судың ұзақ және ауқымды әсер ету жағдайында тұзды топырақтың сүзу қасиеттерінің өзгеруін зерттеу мәселесі біздің заманымызда ерекше өзекті болып отыр.

Тиісті инфрақұрылымды құра отырып, жер асты бөгеттерін, бөгеттерді және басқа да гидротехникалық құрылыстарды жобалауға арналған тұзды топырақты арнайы зерттеу мұнай-газ кен орындарын, әсіресе теңіздердің, су қоймаларының және тұзды топырақтармен бүктелген басқа су айдындарының жағалау аймақтарында игеру кезінде қажет.

Тұзды топырақтардың қасиеттерін олардың ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілген зерттеулердің көптігіне қарамастан, мұндай топырақтардың сипаттамаларының өзгеруінің жалпы заңдылықтарын анықтау мүмкін болмады. Бұл зерттеулер әртүрлі аймақтардың тұзды топырақтарына, әртүрлі генезис топырақтарына жүргізілгендігімен түсіндіріледі.

Бұдан шығатыны, тұзды топырақтардың физикалық, деформациялық, беріктік және сүзу қасиеттерін зерттеу, суда еритін тұздарды еріту және шығару процесінде олардың сипаттамаларының өзгеруін зерттеу өзекті міндет болып табылады.

Топырақтағы суда еритін тұздар олардың сүзу қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Пайдалану процесінде тұзды топырақтардан жасалған құрылыстардың негіздері көбінесе жер асты және/немесе тасқын сулардың әсеріне ұшырайды, нәтижесінде топырақтың минералды бөлшектері арасындағы тұз байланыстары әлсірейді, содан кейін тұздар ериді және шығарылады (суффозия). Бұл топырақтың кеуектілігінің жоғарылауына әкеледі. Жүктеме кезінде тұзды топырақтың кеуектілігінің жоғарылауы көбінесе қосымша (суффозиялық) шөгінділермен бірге жүреді.

Топырақтағы тұздардың сапалық құрамы мен мөлшері олардың сипаттамаларына әр түрлі әсер ететіні анықталды (тығыздық, ылғалдылық, гранулометриялық құрам, сығылу, сдысуға төзімділік, су өткізгіштік және т.б.). Судың топырақ тесіктері арқылы сүзілуімен, содан кейін тұздардың еруімен және шығарылуымен топырақтың қасиеттері өзгереді.

Гипстелген сазды топырақтарда (құмды саздар мен саздақтарда) жеңіл еритін тұздардың мөлшері әдетте 2%-дан аспайды. Сондықтан гипстелген құмды саздар мен саздақтардың құрылыс қасиеттері негізінен осы топырақтардағы гипс тұздарының құрамымен (10%-дан астам) анықталады. Гипс тұздары топырақ бөлшектері арасында өте күшті кристалдану байланыстарын құрайды, әсіресе гипстелген құмды саздар мен саздақтардың төмен ылғалдылығында [1].

Жеңіл еритін тұздардан түзілген топырақтағы кристалдану-цементтеу байланыстары суға төзімділіктің төмендігімен сипатталады және судың қысқа мерзімді әсерінен де оңай бұзылады. Топырақта тез еритін тұздардың мөлшері артқан кезде γs бөлшектерінің тығыздығы төмендейтіні анықталды.

Бұл жағдайда γs тығыздығының төмендеуі салыстырмалы түрде тар диапазонда болды.

М.Ю. Абелев пен У.Р. Джумашев жүргізген эксперименттік зерттеулер тазартылған суды сумен қаныққан тұзды топырақ (саздақ) үлгісі арқылы сүзу кезінде суффозиялық деформациялармен бірге жеңіл еритін тұздар шығарылатынын көрсетті [2]. Сығымдау және сүзу тәжірибелерінің нәтижесінде зерттелетін тұздалған саздақтардың үлгілерін тығыздау, сүзу коэффициентінің күрт төмендеуіне әкелетіні анықталды. Бұл жағдайда кеуектілік коэффициенті мен сүзу коэффициенті арасындағы байланыс сызықтық емес.

У.Р. Джумашев құрамында 5%-дан 9%-ға дейін жеңіл еритін тұздары бар тұздалған суға қаныққан шаңды-сазды топырақтардың сүзу қасиеттеріне зерттеулердің нәтижесі, шағын қысым градиенттерінде де уақыт бойынша сүзу коэффициентінің шамалары артатынын көрсетті [3]. Бұл жағдайда сүзу еритін тұздардың еруімен және шайылуымен қатар жүрді. Жеңіл еритін және орташа еритін тұздардың бір бөлігін ерітіп, алып тастағаннан кейін, осы қысым градиентімен зерттелген топырақтың сүзу коэффициентінің мәні іс жүзінде өзгерген жоқ. Осы зерттеулердің нәтижесінде келесі тұжырымдар жасалды: құрамында 0,3%-дан астам жеңіл еритін тұздары бар тұзды топырақтарда сүзу Дарси заңы бойынша жүреді.

М.Б. Кусбекова, З.М. Жамбакина, М.Б. Пермяков өз зерттеулерінде құрамында 15%-ға дейін жеңіл еритін немесе орташа еритін тұздары бар топырақтарға компрессиялық-сүзу сынақтарын жүргізу кезінде топырақ үлгілерін іріктеу орнынан жер асты суларын сүзгі сұйықтығы ретінде пайдалану керектігін анықтады [4]. Авторлар тұздардың тиісті құрамы мен концентрациясы бар сүзгі ерітіндісін қолдануды ұсынады. Кейбір жағдайларда 0,5 г/л-ден аспайтын минералданған тазартылған немесе тұщы суды қолдануға болады. Тұздануды жеделдету арқылы гипс мөлшері жоғары (15-тен 20%-ға дейін) топырақты сынау уақытын қысқарту үшін орташа еритін және ерімейтін тұздармен белсенді әрекеттесуге қабілетті реагенттері бар арнайы таңдалған химиялық ерітіндіні қолдану ұсынылды.

Б.Б. Бакенов және И.А. Свешников гипстелген сазды топырақтарға эксперименттік зерттеулер жүргізді (гипстің мөлшері 3-43%) [5]. Осы зерттеулердің нәтижесінде олар тұздарды шаймалау кезінде сүзу коэффициентін өзгертудің үш кезеңін анықтады:

– 1 кезең: жеңіл еритін тұздарды жуу нәтижесінде сүзу коэффициентінің жоғарылауы, содан кейін тұздардың агрегациясы және топырақтың белсенді кеуектілігінің жоғарылауы байқалды (тұзды құмды саздарда сүзу коэффициенті 3-5 есе өсті;

– 2 кезең: сүзу коэффициентінің төмендеуі байқалды (құмды сазда 1,5-2 есе), бұл топырақтың дисперсиясының жоғарылауымен түсіндіріледі;

– 3 кезең: тұзды топырақтарда сүзу коэффициенті 2-4 есе төмендеді.

Р.М. Худайкулов, А.Д. Каюмова, О.З. Захарованың мақалаларында автомобиль жолдарының жер төсемінің негізінің тұзды топырақтарының пайдалану қасиеттеріне сүзгіш сілтісіздендірудің әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген [6]. 2023 жылы Өзбекстан Республикасының тоғыз аймағында қатты су тасқыны оқиғалары байқалды, бұл жер асты суларының деңгейінің жоғарылауына, содан кейін жақын маңдағы аумақтардың су басуына әкелді. Көлік коммуникациялары (автожолдар және т.б.) негізінің топырақтарында тез еритін және орташа еритін тұздар болатын бұл жерлерде жол төсемінің

(асфальт төсемінің және т.б.) деформациясын тудыратын қосымша суффозиялық жауын-шашын жиі болатын. Бұл суффозиялық деформациялар фильтрациялық шаймалау процесінде топыраққа су әсер еткенде тұздардың еруіне байланысты болды.

Өз еңбектерінде В.М. Павилонский мен А. Құрбанов суффозия процесінде зерттелген тұзды топырақтардың көпшілігінің сүзу коэффициенті бастапқы мәнмен салыстырғанда басынан бастап 1,6-10 есе өсетінін анықтады [7]. Максималды мәнге жеткеннен кейін сүзу коэффициентінің мәні төмендеді. Шаймалау процесі аяқталғаннан кейін сүзу коэффициенті бастапқы мәннен 2-4 есе аз болды.

А.Д. Каюмовтың, Д.А. Каюмовтың, О.З. Захаровтың мақаласында капиллярлық ылғалдың тұзды топырақ тығыздығының өзгеруіне әсері туралы зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген [8]. Суға қаныққан кезде тұзды топырақтың кеуектілігінің артуы топырақтың бастапқы тығыздығы мен тұздану сипатына байланысты екендігі анықталды. Зерттеулер көрсеткендей: топырақтың бастапқы тығыздығы оның максималды тығыздығына неғұрлым жақын болса, судың капиллярлық көтерілуінің биіктігі соғұрлым аз болады. Максималды молекулалық ылғал сыйымдылығына тең оңтайлы ылғалдылығы бар тұзды топырақтар тығыздалуға ұшырамайды.

Қазіргі уақытта құрылыс мақсатында тұзданған топырақты зерттеу, көп қырлы және терең қарауды қажет етеді. Мұнда тұзданған топырақтағы инженерлік құрылыстардың іргетасындағы сүзу процестерін зерттеу және суландыру кезінде қысыла алатын қалыңдықтың параметрлерінің өзгеруі сияқты аспектілерге назар аудару қажет.

Әртүрлі генездегі тұзданған топырақтарды зерттеу кезінде қосымша қиындықтар туындайды, өйткені тұздар топырақта жеке қосындылар, тамырлар, қабаттар, кристалдар және әртүрлі концентрациядағы тұз ерітінділері түрінде болуы мүмкін. Мұндай мәселелер Қазақстанның жекелеген аймақтарындағы тұзданған топырақтарды мақсатты түрде зерттеу қажеттілігін айқындай түседі.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тұзданған топырақтардың су өткізгіштігі және сүзу сипаттамаларының суффозиялық процестер нәтижесінде өзгеруі инженерлік құрылыстардың сенімділігін бағалауда маңызды рөл атқарады. Тұзданған топырақтардың сүзу қасиеттері және олардың көрсеткіштері әрдайым жер құрылыстарының сенімділігі мен беріктігін есептеуде қолданылады.

Зерттеудің мақсаты – тұзданған топырақтардың сүзу сипаттамаларын және оларды инженерлік құрылыстардың (топырақ бөгеттері, дамбалар, жол құрылыстары және т.б.) негізі ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу.

Зерттелетін құмдардың гранулометриялық құрамы МС 2536-2014 бойынша анықталды. Біздің зерттеулерімізде алдын ала тұзсыздандырылған (толық тұздануға ұшыраған) гипстелген шаңды құмның гранулометриялық құрамы елек әдісімен анықталды, содан кейін сумен жуылды. Алдын ала алынған үлгіні електен өткізгеннен кейін gi = 100 гр., електегі тұзсыздандырылған құм (ұяшықтардың өлшемдері 0,10 мм) електе қалған бөлшектердің салмағын анықтады gф = 64 гр. Ai = gф/gi x 100% формуласы бойынша, фракциялардың пайыздық мөлшерін анықтады, мөлшері 0,1 мм-ден асады. Ai мәні 64% < 75% құрады, бұл зерттелетін топырақты шаңды құмдарға жатқызуға мүмкіндік берді.

Сынақтар құрамында 5%-дан 9%-ға дейінгі тұздары бар бұзылған құрылымның гипстелген шаңды құмдарының үлгілерінде жүргізілді. Зерттеу үшін алдын-ала дайындалған топырақ үлгілері қолданылды. Зерттелген топырақтың физикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Зерттелген топырақтардың физикалық қасиеттері

Топырақ түрі	Тұз мөлшері, %	Құрғақ топырақтың көлемдік массасы, γs, г/см³	Топырақ бөлшектерінің тығыздығы, γ, г/см³	Топырақтың кеуектілік коэффициенті, е	Топырақтың сүзу коэффициенті, Кф, см/сек
Шаңды гипстелген құм	5	1,60	2,67	0,80	10^{-3}
Шаңды гипстелген құм	7	1,60	2,67	0,80	10^{-3}
Шаңды гипстелген құм	9	1,61	2,67	0,79	10^{-3}

Шаңды құм үлгілеріне сүзу сынақтарын жүргізгеннен кейін Аі мәні шамалы өзгерді. 0,1 мм Аі-ден үлкен фракциялардың мөлшері 63% құрады.

Жалпы ережелер. Сүзу коэффициенті $K_ф$ мәні берілген тығыздықтағы бұзылған құрылымды үлгілерде анықталды. Топырақ үлгілерін ±0,01 г дәлдігі бар зертханалық таразыларда өлшеді.

Құмды топырақтардың $K_ф$ мәнін алдын ала орнатылған ең жоғары тығыздық және оңтайлы ылғалдылық көрсеткіштері бар бұзылған құрылымды топырақ үлгілерінде анықтады. Шаңды құмдардың $K_ф$ мәні тұрақты градиенттік қысымда, топырақ үлгісін төменнен жоғары қарай толық қанықтырып, суды төменнен жоғары жіберу арқылы анықталды. Топырақ үлгілерін қанықтыру және сүзу үшін дистилденген су пайдаланылды.

Тұрақты қысым градиенті жағдайында (тұрақты сүзу режимі) шаңды құмдардың сүзу қасиеттерін анықтау үшін құмды және сазды топырақтардың $K_ф$ мәнін анықтайтын МС 25584-2023 стандартына сәйкес компрессиялық-сүзу ПКФ-01 құрылғысы қолданылды.

5-9% гипс мөлшері бар тұзданған құмдардың ұзақ уақыт бойы сіңдірілуі және сүзілуі бойынша зертханалық компрессиялық-сүзу сынақтары ПКФ-01 құрылғысында жүргізілді. Топырақ үлгілері арқылы жоғарыдан төменге бағытталған су ағынымен сіңдіріліп, сүзілгеннен кейін фильтраттар алынды.

Компрессиялық сүзу сынақтары кезінде зерттелетін топырақтардың суффозиялық қысылуына әртүрлі факторлардың әсері зерттелді.

Ұзақ уақыт бойы топырақ үлгілерінің кеуектері арқылы судың сүзгіленуі кезінде химиялық суффозия (тұздардың біртіндеп еріп, сыртқа шығуы) жүреді, бұл кеуектіліктің артуына және, сәйкесінше, топырақтың қысым әсерінен суффозиялық қысылуына әкеледі. Компрессиялық-сүзу сынақтары кезінде топырақ үлгілерін тұзсыздандыру ұзақ уақытты қажет ететін процесс болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеулер көрсеткендей, сыртқы жағдайлар бірдей болған жағдайда, тұзсыздандыру уақыты топырақтың сүзу қасиеттеріне тікелей байланысты. Шаңды құмдардың тұзсыздандыру ұзақтығы құмды сазға қарағанда 1,3-1,6 есе, ал саздақтарға қарағанда 3-4 есе қысқа екені анықталды. Топырақ үлгілерін

толық тұзсыздандыру ұзақтығы және, сәйкесінше, суффозиялық деформациялардың даму уақыты *P* және d_o мәндерінің ұлғаюымен артады. Сондай-ақ тұзсыздандыру ұзақтығы мен кейінгі суффозиялық деформацияларға қысым градиентінің *J* мәні де әсер етеді, бірақ *P* мәні *J*-ге байланысты емес.

Әртүрлі қысым градиенттерінде *J* шаңды гипстелген құмдармен жүргізілген сынақтар *J* мәнінен тәуелсіз түрде, бірдей d_o және *P* мәндеріндегі топырақтар үшін деформация мәндері іс жүзінде бірдей болатынын көрсетті. Суффозиялық қысылудың шартты тұрақтануы қысым градиенті *J* минималды болғанда тезірек, ал *J* жоғары мәнінде ұзақ болды. Сондықтан сынақтар шамамен 15-20 болатын қысым градиентінің жоғары мәндерінде жүргізілді. Сынақ кезінде механикалық суффозия алынып тасталды.

Компрессиялық-сүзу сынақтары кезінде, қысым градиентінің осындай жоғары мәндерінде де, гипстелген құмдардағы суффозиялық деформациялардың ұзақтығы 6 күннен 57 күнге дейін болды (2-кесте).

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері t сынақтарының ұзақтығы тұздану процесінде Кф сүзу коэффициентінің мәнінің өзгеруіне әсер етпейтінін көрсетті.

Кесте 2

Гипстелген шаңды құмдарды толық тұзсыздандыру уақыты гипс мөлшеріне байланысты әртүрлі қысымдарда *P* және қысым градиенттерінде *J* = 15 и *J* = 20 жүргізілді

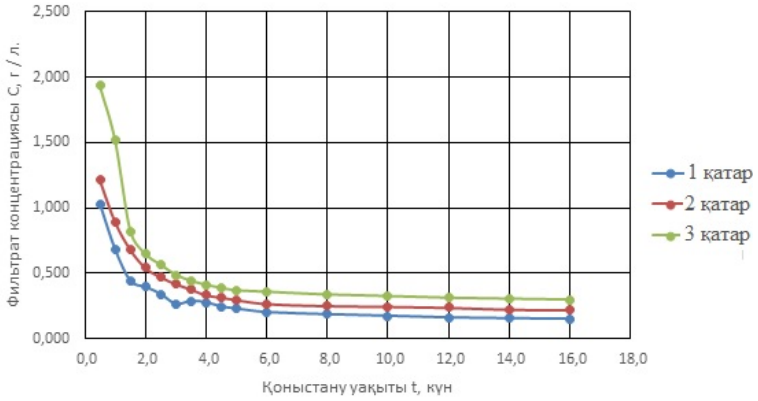
Қысым *P*, МПа	Қысым градиенті, *J*	Гипс мөлшері d_0, % болғанда толық тұзсыздандыру уақыты *t*, тәулік		
		d_0 = 5%	d_0 = 7%	d_0 = 9%
0,1	15	9,5	12,0	15,0
	20	6,0	7,5	8,5
0,25	15	24,0	31,0	39,5
	20	14,0	17,0	21,0
0,4	15	47,0	53,0	57,0
	20	22,0	29,5	29,5

Сынақтар барысында гипстелген шаңды құмдардағы тұзсыздандыру процесіне ерекше назар аударылды. Сынақтың белгілі бір кезеңдерінде, белгіленген уақыт аралықтарында, топырақ үлгісінен өткен судың үлгілері алынып, гипс мөлшері әртүрлі шаңды құмдар үшін фильтрат концентрациясы *C* өлшенді (3-кесте).

Кесте 3

Гипстелген шаңды құмдар үшін фильтрат концентрациясының *C* тұзсыздандыру уақыты *t*

Құмдағы гипс мөлшері, d_0, %	Фильтрат концентрациясы С, г / л t уақыты, тәулік													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
5%	1,032	0,684	0,443	0,396	0,342	0,266	0,278	0,231	0,204	0,187	0,175	0,162	0,156	0,152
7%	1,211	0,892	0,681	0,542	0,472	0,419	0,334	0,298	0,268	0,252	0,247	0,239	0,224	0,220
9%	1,634	1,514	0,822	0,647	0,565	0,488	0,411	0,370	0,358	0,337	0,325	0,312	0,305	0,298



1-қатар – d_0=5%, 2-қатар – d_0=7%, 3-қатар – d_0=9%.

Сурет 1. Гипс мөлшері d_0 бар шаңды құмдардағы фильтрат концентрациясының *C* уақыт бойынша *t* өзгеруінің графигі

Фильтрация процесінің алғашқы 2-4 күнінде фильтрация коэффициентінің $K_ф$ айтарлықтай төмендеуі байқалды. $K_ф$ төмендеуі, негізінен, қысым градиенті *J* жоғары болғанда топырақ үлгісі арқылы судың көп мөлшері өтетіндігімен түсіндіріледі. Мұндай көлемдегі су, оңай еритін тұздар мен гипстің тез еруіне және олардың топырақ кеуектерінен шығуына себеп болады. Нәтижесінде, топырақтың кеуектілігі айтарлықтай артып, кейіннен тығыздалады, бұл кеуектіліктің төмендеуіне ықпал етеді. Алғашқы 2-6 күндегі гипстелген шаңды құмдардың $K_ф$ төмендеуі суффозиялық қысылудың жылдамдауын көрсетеді.

Құм үлгілері арқылы судың ары қарай сүзгіленуі кезінде 1-ден 5 күнге дейінгі аралықта $K_ф$ коэффициенті артады. Зерттеулер көрсеткендей, сүзу процесінде тұзсыздандырудың осы кезеңіндегі ең үлкен $K_ф$ мәндері, сүзу сынақтардың алғашқы күндеріне қарағанда төмен. Бұл топырақтың кеуектілігі алғашқы күндерге қарағанда төмен болғандығымен түсіндіріледі. Осы уақыт аралығында суффозиялық деформациялардың төмендеуі байқалады.

Судың әрі қарай фильтрациялануы топырақтың біртіндеп тұзсыздануына әкеледі және деформациялармен бірге жүреді, нәтижесінде $K_ф$ коэффициентінің төмендеуі орын алады. Топырақтың фильтрациялық қабілетінің тұрақтануы суффозиялық қысылудың шартты тұрақтануымен қатар белгіленеді. Гипс мөлшері төмен топырақтарда фильтрация коэффициентінің $K_ф$ тұрақтануы тезірек болады, және мұндай топырақтардың тұзсыздану уақыты гипс мөлшері жоғары топырақтарға қарағанда аз болады.

Зерттеулер көрсеткендей, гипстелген шаңды құмдарды тұзсыздандыру кезінде қысым градиенті ($J \leq 15$) болғанда $K_ф$ мәні баяу өзгереді. Тұзсыздану төмен жылдамдықта жүргенде $K_ф$ мәнінің біртіндеп азаюы байқалады. Кейіннен $K_ф$ мәнінің шамалы өсуі және содан кейін оның тұрақтануы байқалады.

Зерттеу нәтижелері бойынша гипстелген шаңды құмдарды орналастыру кезінде оның физикалық қасиеттері өзгереді.

Тұздардың шайылуы процесінде бөлшектердің дисперстігі артуымен қатар гранулометриялық құрамның аздап өзгеруі байқалды.

Бұл топырақтың тұздану процесінде ұсақ бөлшектер санының азаюына байланысты. Бұл топырақ тұзданғанда ұсақ бөлшектердің ұсақ агрегаттарға коагуляциялануына байланысты олардың санының азаятындығын көрсетеді. Дегенмен, тұздармен қалыптасқан агрегаттар мықты емес және тұздар алынып тасталғанда олар ұсақ бөлшектерге ыдырап, топырақтың дисперстілігін арттырады.

Үлгілердің құрғақ топырақ тығыздығының γ аздап төмендеуі де сүзу сәтінен топырақтың толық тұзсыздануына дейін байқалды, ол P = 0,1-0,4 МПа жүктеме кезінде гипс мөлшері d0 5%-дан 9-ға дейін. 3%-дан аспады. Яғни, топырақ сығымдалған кезде сүзу кезінде алынған тұздардың көлемі дерлік құм бөлшектерімен ауыстырылады. Бұл факторды гипспен сыланған құмдардың суффузиялық деформацияларын есептеу үшін қолдануға болады.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша:

1. Суффозиялық деформация процесінің ұзақтығы гидравликалық қысым градиентіне байланысты және 6-дан 57 күнге дейін созылады.
2. Сүзу жылдамдығы гипстелген шаңды құмдардың соңғы деформацияларының мөлшеріне әсер етпейді.
3. Гипстелген шаңды құмдардың суффозиялық деформацияларын есептеу кезінде химиялық суффозия нәтижесінде алынған алмастыру факторын, ұсақ және шаңды құм бөлшектерімен тұздарды ескеру қажет.
4. Жобалау кезінде сүзу процесінде тұздалған шаңды құмдардың сипаттамаларының өзгеруі топырақтағы тез еритін және орташа еритін тұздардың мөлшері мен сапалық құрамына байланысты екенін ескеру қажет.
5. Жүргізілген зерттеулердің талдауы көрсеткендей, жер құрылыстарының түбіндегі тұздардың рұқсат етілген құрамының негізгі көрсеткіші тек тұздану дәрежесі деп саналмауы керек. Сіңдіру және шаймалау кезінде шаңды құмдардың су-химиялық, сүзу және физика-механикалық сипаттамаларының көрсеткіштерін өзгерту маңызды критерий болып табылады.
6. Тұзды топырақтардағы жер инженерлік құрылыстарын (автомобиль және теміржол, басқа көлік коммуникациялары, гидротехникалық құрылыстар және т. б.) есептеу және жобалау екі негізгі кезеңнен тұруы керек:

– топырақты сумен қанықтыру кезінде беріктік пен деформациялық қасиеттердің төмендеуінің негізгі көрсеткіштері мен сипатын анықтау, содан кейін суды ұзақ уақыт сүзу нәтижесінде шаймалау;

– су басу кезінде жер төсемінің сенімділігін қамтамасыз ететін іс-шаралар кешенін ұйымдастыру.

Суды сүзу кезінде гипстелген шаңды құмдардың таралуы топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгеруіне, соның ішінде дисперсияның жоғарылауына және құрғақ топырақтың тығыздығының аздап төмендеуіне әкеледі. Суффозиялық қысу процесі топырақтың сүзу қасиеттеріне әсер етеді және бұл өзгерістерді суффозиялық деформацияларды есептеу кезінде ескеруге болады. Қысым градиенті мен гипс құрамының сүзу мен суффозиялық қысуға әсері нақты жұмыс жағдайында тұзды топырақтың әрекетін болжау үшін маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Абелев, М.Ю. Методы строительства промышленных и гражданских сооружений на засолённых грунтах [Текст]: учебное пособие / М.Ю. Абелев, И.В. Аверин, Д.Ю. Чунюк, А.А. Алмазов. – Москва: АСВ, 2024. – 182 с.

2. Абелев, М.Ю. Строительство на засоленных грунтах [Текст] / М.Ю. Абелев, У.Р. Джумашев. – М.: МИСИ, 1978. – 248 с.
3. Джумашев, У.Р. Особенности устройства оснований и фундаментов промышленных и гражданских сооружений на засоленных грунтах [Текст]: монография / У.Р. Джумашев. – Москва, 1982. – 188 с.
4. Кусбекова М.Б. Компрессионно-фильтрационные испытания засоленных грунтов [Текст] / М.Б. Кусбекова, З.М. Жамбакина, М.Б. Пермяков // Журнал Проблемы современной науки и образования. – 2017. – №14 (96). – С. 6-8.
5. Бакенов, Б.Б. Изменение проницаемости засоленного грунта при фильтрации воды [Текст] / Б.Б. Бакенов, И.А.Свешников // Сборник научных трудов областной конференции. – г. Караганда, 1981. – С. 30-31.
6. Худайкулов Р.М. Оценка влияния фильтрационного выщелачивания на свойства засоленных грунтов оснований земляного полотна [Текст] / Р.М. Худайкулов, А.Д. Каюмов, О.З Зафаров // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». – г. Оренбург, 2020. – С. 423-430.
7. Павилонский, В.М. Исследование изменения фильтрационных свойств загипсованных грунтов в процессе длительной фильтрации воды [Текст] / В.М. Павилонский, А.А. Курбанов // Труды института ВНИИ ВОДГЕО. – 1979. – Вып.74. – С. 142-153.
8. Каюмов А.Д. Изучение влияния капилярного увлажнения на плотность засоленных грунтов [Текст] / А.Д. Каюмов, Д.А. Каюмов, О.З. Зафаров // Журнал «Актуальные научные исследования в современном мире». – 2019. – № 1-2 (45). – С. 119-124.

Материал редакцияға 25.02.25 түсті, 23.05.25 қабылданды.

М.О. Иманов[1], К.А. Абдрахманова[1],
А.А. Абдрахманова[1], Ш.Б. Толеубаева[2], И.Б. Ташмуханбетова[3]

[1]Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[3]Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Казахстан

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗАГИПСОВАННЫХ ПЫЛЕВАТЫХ ПЕСКОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОДТОПЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются фильтрационные свойства загипсованных пылеватых песков грунтовых сооружений, расположенных в условиях подтопления. Особое внимание уделено влиянию гипса на характеристики фильтрации в условиях повышенной влажности и насыщения водой. Описаны методы лабораторных испытаний, проведенных для оценки изменения проницаемости песков после применения гипса, а также влияние подтапливающих вод на поведение фильтрационных процессов. Результаты показали, что загипсованные пылеватые пески характеризуются улучшенной устойчивостью к подтоплению, что обусловлено образованием твердых соединений гипса, снижающих подвижность частиц и улучшая стабильность структуры. В статье также представлены рекомендации по использованию гипса в качестве добавки для повышения эффективности грунтовых сооружений в условиях гидрогеологических рисков, таких как подтопления и повышенная водонасыщенность.

Ключевые слова: фильтрация, гипсовые пыльные пески, проницаемость, стабильность почвы, грунтовые воды.

M.O. Imanov[1], K.A. Abdrakhmanova[1],
A.A. Abdrakhmanova[1], Sh.B. Toleubayeva[2], I.B. Tashmukhanbetova[3]

[1]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[3]International educational corporation, Almaty, Kazakhstan

FILTRATION PROPERTIES OF GYPSUM-PACKED POWDERY SANDS OF UNDERGROUND STRUCTURES IN CONDITIONS OF FLOODING

Abstract. The article examines the filtration properties of gypsum-treated silty sands in soil structures located in flood-prone areas. Special attention is given to the impact of gypsum on filtration characteristics under conditions of high humidity and water saturation. The methods of laboratory testing are described, aimed at assessing the changes in permeability of sands after gypsum application, as well as the influence of rising groundwater on the behavior of filtration processes. The results showed that gypsum-treated silty sands exhibit improved resistance to flooding due to the formation of stable gypsum compounds that reduce particle mobility and enhance structural stability. The article also provides recommendations for using gypsum as an additive to improve the performance of soil structures.

Keywords: filtration, plastered dust sands, permeability, soil stability, ground water.

References

1. Abelev M.YU., Averin I.V., Chunyuk D.YU., Almazov A.A. Metody stroitel'stva promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy na zasolonnykh gruntakh [Methods of construction of industrial and civil structures on saline soils]: textbook. – Moscow: ASV, 2024. – 182 p. [in Russian].
2. Abelev M.YU., Dzhumashev U.R. Stroitel'stvo na zasolennykh gruntakh [Construction on saline soils]. – Moscow: MISI, 1978. – 248 p. [in Russian].
3. Dzhumashev, U.R. Osobennosti ustroystva osnovaniy i fundamentov promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy na zasolennykh gruntakh [Features of the device of foundations and foundations of industrial and civil structures on saline soils]: monograph. – Moscow, 1982. – 188 p. [in Russian].
4. Kusbekova M.B., Zhambakina Z.M., Permyakov M.B. Kompressionno-fil'tratsionnyye ispytaniya zasolennykh gruntov [Compression and filtration tests of saline soils] // Journal of Problems of Modern Science and Education. – 2017. – No. 14 (96). – P. 6-8. [in Russian].
5. Bakenov B.B., Sveshnikov I.A. Izmeneniye pronitsayemosti zasolennogo grunta pri fil'tratsii vody [Change in the permeability of saline soil during water filtration] // Collection of scientific papers of the regional conference. – Karaganda, 1981. – P. 30-31. [in Russian].
6. Khudaykulov R.M., Kayumov A.D., Zafarov O.Z Otsenka vliyaniya fil'tratsionnogo vyshchelachivaniya na svoystva zasolennykh gruntov osnovaniy zemlyanogo polotna [Assessment of the influence of filtration leaching on the properties of saline soils of subgrade foundations] // Proceedings of the All-Russian scientific and methodological conference «Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury» ["University complex as a regional center of education, science and culture"]. – Orenburg, 2020. – P. 423-430. [in Russian].
7. Pavilonskiy V.M., Kurbanov A.A. Issledovaniye izmeneniya fil'tratsionnykh svoystv zagipsovannykh gruntov v protsesse dlitel'noy fil'tratsii vody [Study of changes in the filtration properties of gypsum-coated soils during long-term water filtration] // Proceedings of the Institute VNII VODGEO. – 1979. – Issue 74. – P. 142-153. [in Russian].
8. Kayumov A.D., Kayumov D.A., Zafarov O.Z. Izucheniye vliyaniya kapilyarnogo uvlazhneniya na plotnost' zasolennykh gruntov [Study of the effect of capillary moistening on the density of saline soils] // ournal "Current scientific research in the modern world". – 2019. – No. 1-2 (45). – P. 119-124. [in Russian].

ҒТАМР 67.21.17

М.Т. Мухамбетжанова[1] – *негізгі автор*,
Э.Б. Құрманбекова[2], А.К. Самбетбаева[3], С.Т. Шалтабаева[4]

[1]Магистрант, [2,3,4]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0006-8760-3876 [2]https://orcid.org/0000-0002-9175-5542*
[3]https://orcid.org/0000-0003-1349-2887 [4]https://orcid.org/0000-0001-5798-7588

[1,2,3,4]Халықаралық білім беру корпорациясы,
Алматы қ., Қазақстан

@ *[1]mukhambetzhanovam01@gmail.com, [2]Elmira.kurmanbekowa@yandex.kz*

https://doi.org/10.55956/IEHW3917

УЫТТЫЛЫҒЫ ТӨМЕН ФАНЕРА ӨНДІРІСІНДЕ ШПОНДЫ ЖЕЛІМДЕУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста фанера өндіру барысында шпон қабаттарын жапсыру процесі жан-жақты зерттелді. Зерттеудің басты мақсаты – уыттылығы төмен, бірақ жоғары физика-механикалық және технологиялық қасиеттерге ие фанера алу үшін тиімді желім құрамын анықтау және оны өндіріске енгізу. Зерттеу объектісі ретінде карбамидмеламиноформальдегидті шайыр (КМФ-Ш) негізіндегі желім қолданылды. Бұл желімнің артықшылығы – оның құрамындағы меламин мөлшерінің жоғары болуына байланысты суға төзімділігі жоғары, сонымен қатар формальдегид эмиссиясының төмен деңгейде болуы (0.5-1.0 мг/л), бұл оны Е1 уыттылық класына сәйкес етеді. Фанера аққайың шпонын қолдану арқылы 7 қабатты құрылымдар жасалды. Желімдеу процесі 120-130°С температурада, 1.2 МПа қысымда, 6 минуттық престеу уақытымен жүзеге асырылды. Алынған өнімнің физика-механикалық көрсеткіштері: желімдесу беріктігі – 1.2-1.4 МПа (МЕМЛ 3916.1 стандарты бойынша ≥1.0 МПа талап етіледі); суға төзімділік – 24 сағат суда ұсталғаннан кейін қабаттану байқалмады; тығыздық – 0.68-0.74 г/см^3; формальдегид эмиссиясы – 0.6 мг/л (перфораторлық әдіс бойынша); иілгіштік пен қаттылық – стандарт талаптарына сай, деформацияға төзімді. Жұмыс нәтижелері көрсеткендей, КМФ-Ш негізіндегі желім уыттылығы төмен, бірақ жоғары сапалы фанера өндіру үшін тиімді шешім болып табылады. Бұл желім құрамын пайдалану жиһаз өнеркәсібі, интерьер құрылысы, балалар және медициналық мекемелерге арналған ағаш бұйымдары өндірісінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: фанера, желім, аэросил, цеолит, фурфурол, бура, формальдегид, уыттылық, карбамидмеламиноформальдегид, фенол.

Мухамбетжанова, М.Т. Уыттылығы төмен фанера өндірісінде шпонды желімдеу процестерін зерттеу [Мәтін] / М.Т. Мухамбетжанова, Э.Б. Құрманбекова, А.К. Самбетбаева, С.Т. Шалтабаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.318-326. https://doi.org/10.55956/IEHW3917

Кіріспе. Қазақстанның экономикалық өсуінің маңызды факторларының бірі ормандарды қоса алғанда, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану болып табылады. Ағаш материалдары өндірісінің жалпы құлдырауына қарамастан, фанера өнеркәсібі шетелдегі жоғары сұраныстың арқасында тұрақтылықты сақтайды.

Қазіргі уақытта фанера өндірісінде фенолформальдегидті шайыр негізіндегі отандық және шетелдік желімдер қолданылады. Бұл шайырдың сапасы көбінесе ол өндірілетін жабдыққа байланысты. Өкінішке орай, ресейлік өндірушілер әлемдік сапа стандарттарына сәйкес келетін шайырларды шығара алмайды, сондықтан фанера зауыттарының көпшілігі оларды американдық және финдік өндірушілерден сатып алады.

Қазіргі кезде фанераны желімдеу үшін карбамидформальдегид және фенолформальдегид шайырлары кеңінен қолданылады. Бұл жоғары физика-механикалық көрсеткіштері бар желімделген өнімдерді өндіруге мүмкіндік береді. Бірақ өндірісте де, оны пайдалану кезінде де экологиялық талаптарды толық қанағаттандырмайды.

Меламиннің қосылуын зерттеу нәтижелері оның зиянды заттардың шығарылуын аздап төмендететінін көрсетті, алайда бұл желімнің технологиялық қасиеттерінің едәуір нашарлауына алып келеді. Сонымен қатар, меламиннің жоғары құны өндірушілер тарапынан оң қабылданбайды. Осыған байланысты көптеген өндірушілер бақылаушы органдармен өзара келісімге келіп, өнімнің қауіпсіздігі туралы формалды түрде мәлімдеуді жөн көреді. Соңғы уақытта меламинді карбамидпен алмастыруға ұмтылыстар байқалуда, ол орташа деңгейдегі беріктік пен ұшпа қосылыстар мөлшеріне ие, сондай-ақ салыстырмалы түрде арзан болып келеді. Кейбір кәсіпорындар КМФ шайырлары, аэросил, аммоний хлориді және бидай ұны негізінде желімдер өндіруге көше бастады, бұл өз кезегінде өнімнің экологиялық қауіпсіздігіне баса назар аударуға мүмкіндік береді [1].

Цеолитті енгізу алюмосиликаттар құрамындағы сілтілік металдар оксидтерінің каталитикалық әсері арқылы желатинизация үдерісін жеделдететіні анықталды. Бұл құбылыс поликонденсация уақытының қысқаруына және КФ-УТ-15 маркалы желімнің технологиялық жарамдылығын 8-9 сағат аралығында сақтау мүмкіндігіне алып келеді. Сонымен қатар, алюмосиликат бөлшектерінің өлшемі мен концентрациясының артуы желімнің шартты тұтқырлығын 52 секундтан 95 секундқа дейін ұлғайтады, бұл оның негіздік беттерге біркелкі жағылуын күрделендіреді. Осыған байланысты, желім құрамындағы толтырғыштың (цеолиттің) мөлшерін 8 салм.бөл. дейін шектеу ұсынылады. Бұл тұжырымдар желімдердің құрамын оңтайландыру және оларды ағаш өңдеу өнеркәсібінде қолдану бойынша қосымша зерттеулерге негіз бола алады [2].

Фуран шайырлары төмен уытты материал ретінде белгілі және көбінесе құрылыс саласында, сондай-ақ био- және отқа төзімділігін арттыру, басқа да физика-механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында модификациялау үшін қолданылады. Фуран шайырларының негізгі компоненті – фурфурол. Оны орман шаруашылығынан алынатын қалдықтардан, ағаш өңдеу және ағаш кесу өндірістерінен алады, олар өңделетін ағаштың 30-45% құрайды. Осылайша, фурфурол мен оның негізіндегі желім материалдарын өндіру тек уыттылығы төмен өнім алуға ғана емес, сондай-ақ шикізатты кешенді түрде тиімді пайдалануға мүмкіндік береді [3].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Фанераның уыттылығын төмендетудің тиімді әдістерінің бірі – желімдерді өзгерту.

Зерттеу жүргізу үшін келесі сипаттамалары бар аққайың ағашының: 300х300 мм форматты, қалыңдығы 1,0 мм, ылғалдылығы 8%, кедір-бұдырлығы 10-20 мкм шпоны қолданылды. Шпонның қалған сипаттамалары МЕМЛ 3916.1-2018 талаптарына сәйкес келеді «Фанера. Жалпы техникалық шарттар» [4].


Сурет 1. Аршылған шпон

Карбамидмеламиноформальдегидті шайырларды (КМФ-Ш) зерттеу фанераның суға төзімділігін арттыра отырып, оның уыттылығын төмендетуге бағытталған жұмыстың маңызды бөлігі болып табылады. Зерттеу барысында шайырлардың физика-химиялық сипаттамалары, олардың сыртқы әсерлерге төзімділігі, сондай-ақ ылғалдылық жағдайында ағашпен берік байланыс жасау қабілеті анықталды.

КМФ-Ш синтез процесі: карбамидмеламиноформальдегидті шайырларды алу үшін формальдегид, карбамид және меламинді әртүрлі қатынастарда қолдана отырып, стандартты поликонденсация әдісі қолданылды. Реакция 80-90°С температурада 3 сағат бойы жүргізілді. Катализатор ретінде хлорлы аммоний ерітіндісі қолданылды. Шайырлардың сапасын бақылау үшін полимерлену дәрежесі, тұтқырлық, PH, сондай-ақ бөлінетін ұшпа органикалық қосылыстардың уыттылығы сияқты көрсеткіштер талданды.

КМФ-Ш физика-химиялық қасиеттері:

– Тұтқырлығы: 20°С температурада 350-450 мПа·с.

– Судың мөлшері: 6-8%.

– Бос формальдегидтің мөлшері: дайын өнімде 0,5%-дан аз.

– Ылғалға төзімділігі: шайыр суға ұзақ уақыт әсер еткенде өзінің қасиеттерін сақтайды.

– Формальдегид концентрациясы: КМФ-Ш желімделген фанера фенол-формальдегид шайырларымен желімделген фанераға қарағанда формальдегидті 50-60%-ға аз бөлді, бұл уыттылықтың төмендеуін растайды.

Қолданылған жабдықтардың сипаттамасы 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Қолданылған жабдықтардың сипаттамасы

Атауы	Маркасы	Сипаттамасы
1	2	3
1. Электрондық штангенциркуль	Tamo Professional	Шпон мен фанераның қалыңдығын өлшеу
2. Механикалық секундомер	СОПпр-2А-3-000	Шпонды желімдеу ұзақтығын өлшеу; желім материалдарының тұтқырлығын өлшеу
3. Сағат типтегі микрометриялық индикатор	ИЧ-10	Жалпы деформация шамасын өлшеу
4. Электрондық өлшегіш-реттегіш	ТРМ 138-Р	Желім қабатының температурасын өлшеу
5. Сынап термометрі	ТЛ-2	Желім материалдарының температурасын өлшеу

1-кестенің жалғасы

1	2	3
6. Вискозиметр	ВЗ-246	Желімделген материалдардың шартты тұтқырлығын өлшеу
7. Микроскоп	МИС-11	Ылғалдандырудың шеткі бұрышын өлшеу
8. Электронды таразы	ЕТ-1500Н	Фанера мен желім материалдарының үлгілерін өлшеу
9. Кептіру шкафы	SNOL24/200	Желімдегі құрғақ заттарды анықтау
10. Гидравликалық пресс	ВН 0916	Шпон пакеттерін желімдеу және престеу
11. Сынақ машинасы	Р-5	Фанера үлгілерін сынау
12. Форматты дөңгелек аралы станок	Altendorf	Фанераларды кесу

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Биотест нәтижелері КМФ-Ш желімделген фанера айналасындағы ауадағы ҰОЗ концентрациясы су микроорганизмдері мен мәдениет жасушаларының өміршеңдігіне айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетті.

Ылғалдың ұзақ уақыт әсер етуіндегі уыттылық: сумен ұзақ уақыт байланыста болғаннан кейін де, КМФ-Ш желімделген фанера уыттылықтың төмен деңгейін сақтап қалды.

Осылайша, КМФ-Ш пайдалану кезінде уыттылықтың төмендеуін болжайтын теориялық алғышарттар толығымен расталды.

Зерттеу барысында байланыстырғышқа талдау жасалды: карбамидмеламиноформальдегидті шайыр (КМФ-Ш) және оның негізінде жасалған желім құрамы. КМФ-Ш маркалы шайырдың физика-химиялық көрсеткіштері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

КМФ-Ш маркалы шайырдың физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Көрсеткіштің мәні			
	Прототип	Мысалдар		
		1	2	3
1. Моль қатынасы формальдегид: карбамид: меламин	1,35: 1:(0,1-0,4)	1,2: 1:0,06	1,2: 1:0,07	1,2: 1:0,08
2. Қышқыл конденсация сатысындағы, pH	4,5-5,0	3,5	4,4	5,2
3. Құрғақ заттың массалық үлесі, %	64-66,5	66,7	67,4	68,0
4. Шайырдағы бос формальдегидтің массалық үлесі, %	0,09-0,15	0,06	0,05	0,04
5. Сутегі иондарының концентрациясы, pH	7,7-8,7	8,0	8,4	8,7
6. Шартты тұтқырлық 20ºС, с	52-66	68	75	90
7. Желатиндеу кезеңі 100ºС, с	72-75	50	54	60
8. Шайырдың сақтау мерзімі 25ºС, ай	2	3	3	3

Осылайша, ұсынылған әдіс бойынша вакуумдау кезеңін өткізбей-ақ жоғары сапалы карбамидмеламиноформальдегид шайырын алуға және кем дегенде үш мәселені шешуге мүмкіндік береді, атап айтқанда:

а) ағынды сулардың пайда болуын болдырмау арқылы экологиялық қауіпсіздікті арттыру;

б) шайыр синтезіне энергия шығынын азайту;

в) шайырдың сапасын жақсарту.

Атап айтқанда, энергияны үнемдейтін әдісті қолдана отырып, құрғақ заттың массалық үлесі және тұтқырлығы жоғары, бос формальдегиді аз шайыр алынды. Бұл композициялық материалдардың физикалық және механикалық қасиеттерін жақсартып, олардың уыттылығын айтарлықтай төмендетеді. Сонымен қатар, прототиптегі шайырдың желатинизация кезеңі бір жарым есе ұзағырақ, ал қысқа желатинизация кезеңі тезірек қату мен өндірістік жағдайларда жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді.

Желім құрамының сипаттамасы (КМФ-Ш негізінде). Құрамына кіретін негізгі компоненттер: карбамид; меламин; формальдегид; қаттыратқыштар (қышқылдар, тұздар); толтырғыштар (ұнтақталған ағаш, бор және т.б.); Артықшылықтары: жоғары суға төзімділік (меламин мөлшеріне байланысты); жақсы желімдесу беріктігі; Кемшіліктері: Формальдегид бөлінуі (экологиялық жағынан қауіп төндіру мүмкін).

Физика-механикалық қасиеттерінің салыстырмалы мәліметтері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Физика-механикалық қасиеттерін салыстыру

Көрсеткіш	КМФ-Ш желімі қолданылған фанера	Карбамидті шайыр (КШ)	Фенолформаль-дегидті шайыр (ФФШ)	МЕМЛ 3916.1 талаптары
1. Қаттылық	Жоғары	Орташа	Жоғары	≥ белгіленген мән
2. Су әсеріне төзімділік	Өте жоғары	Төмен	Жоғары (меламин % жоғары болса)	В/ФС маркасына сәйкес
3. Желімдесу беріктігі (МПа)	1,2-1,5	0,6-0,9	1,0-1,4	≥ 1,0 МПа (суға төзімді фанера үшін)
4. Тығыздық (г/см^3)	0,70-0,80	0,60-0,70	0,65-0,75	0,65-0,85
5. Қабаттану (деколь) жағдайы	Жоқ	Болады	Жоқ	Жоқ болуы тиіс

Келесі құрамдағы желім қолданылды: шайыр КМФ-Ш – 100 салм.бөл.; бидай ұны; бура – 0,04-0,25 моль; хлорлы аммоний – 0,8-1,0 салм.бөл.

Желімді дайындау көлемі 150 л араластырғышта жүргізілді, айналым саны 80 айн/мин болатын қалақ араластырғышпен жабдықталған. Шпонды қолданар алдындағы желімді араластыру уақыты 10-15 минутты құрады.

КМФ-Ш маркалы карбамидмеламиноформальдегидті шайырды қолдану суға төзімділігі жоғары уыттылығы төмен фанера алуға, атмосфераға шығарындылардың уыттылығы жоғары газдардың болмауына байланысты қоршаған ортаның экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға; адам ағзасына улы заттардың зиянды әсерін азайтуға мүмкіндік береді (меламин фенолға қарағанда уыттылығы аз).

Технологиялық қасиеттер: Желімдеу уақыты: КМФ-Ш желімі тез қатаяды, өндіріс қарқыны жоғары; пресс температурасы: 120-130°C; қысым: 1.0-1.5 МПа; қатқақтық пен иілгіштік арақатынасы: жақсы сақталады; қоршаған ортаға әсері (формальдегид эмиссиясы): КМФ-Ш – Е1-Е2 класстары арасында; МЕМЛ бойынша – Е1 класына сай болу ұсынылады.

Суға төзімділік пен желімдесу беріктігі тұрғысынан, КМФ-Ш желім негізіндегі фанера МЕМЛ 3916.1 талаптарына сәйкес келеді немесе асып түседі. Экологиялық қауіпсіздік (формальдегид эмиссиясы) – бақылауды қажет етеді. Технологиялық жағынан КМФ-Ш тиімді, себебі ол жылдам желімделеді және беріктігі жоғары.

Фанера мен ағаш негізіндегі материалдарда уыттылықты бағалаудың негізгі көрсеткіші – формальдегид эмиссиясы. Ол санитарлық-гигиеналық және экологиялық қауіпсіздік талаптарына сай анықталады.

Желім құрамына байланысты уыттылық көрсеткіштері 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4

Желім құрамына байланысты уыттылық көрсеткіштері

Желім түрі	Формальдегид эмиссиясы (мг/л)	Уыттылық класы	Қолдану шектеулері
1. Карбамидті шайыр (КШ)	1,2-2,0	Е2	Тек техникалық мақсатта
2. Карбамидмеламиноформальдегидті шайыр (КМФ-Ш)	0,5-1,0	Е1 (кейде Е0)	Тұрмыстық және ішкі жұмыстарда қолдануға жарамды
3. Фенолформальдегидті шайыр (ФФШ)	0,4-0,7	Е1	Жоғары суға төзімді, бірақ иісі өткір
4. Меламинформальдегидті шайыр (МФШ)	0,3-0,6	Е0-Е1	Жоғары сапалы фанера үшін
5. Полиуретан немесе экологиялық желімдер	≤ 0,3	Е0	Балалар жиһазы, мектеп, аурухана

Формальдегид эмиссиясы: 0.5-1.0 мг/л аралығында, меламин мөлшеріне байланысты төмендеуі мүмкін. Уыттылық класы: Е1 класына сай келеді, экологиялық тұрғыдан салыстырмалы түрде қауіпсіз. Қолдануға жарамдылығы: мектеп, кеңсе, тұрмыстық жиһазда қолдануға болады (МЕМЛ және СанЕмН талаптарына сай болса). Салыстырмалы артықшылығы: КШ-мен салыстырғанда уыттылығы төмен, бірақ ФФШ сияқты жоғары беріктілікке ие.

Уыттылықты азайту, энергияны үнемдеу және қоршаған ортаны қорғау мәселелерін түбегейлі шешу фанера өндірісінде шпонды желімдеу кезінде карбамидмеламиноформальдегид шайырын қолдану болып табылады. Бұл су өткізбейтін шайырларды өндірудің технологиялық процесінен өте улы және канцерогенді компонент – фенолды алып тастауға мүмкіндік береді. Карбамидмеламиноформальдегидті шайыр негізіндегі желімді қолдану уыттылық көрсеткіштері МЕМЛ 3916.1 талаптарынан едәуір төмен фанера алуға мүмкіндік береді (≤8мг/100г құрғақ заттар), сондай-ақ жақын арада

ұсынылуы мүмкін және ФФШ маркалы фанера экспортын шектейтін шетелдік талаптардан (≤4мг/100г құрғақ заттар) төмен [4].

Карбамидмеламиноформальдегидті шайырлар экологиялық және пайдалану сипаттамаларын жақсартады, бұл оларды суға төзімділігі жоғары экологиялық таза фанера өндірісінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Желім композициясының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу МЕМЛ 30972-2012 бойынша жылжуға беріктікке арналған сынақтарды қоса алғанда, сынақтардың стандартты әдістерін пайдалана отырып жүргізілді [5]. 60% ылғалдылық пен 20°С температурада желімнің жылжуына беріктігі 10,5 МПа құрады. Сондай-ақ, суға төзімділік сынағы өткізілді, оның нәтижелері композицияның суда 24 сағат болғаннан кейін де өзінің желімділік қасиеттерін сақтайтынын көрсетті. Желім қосылысының температураға төзімділігі 150°С дейінгі температура жағдайында тексерілді, содан кейін желім өзінің тиімділігін жоғалтпады, бұл оның жоғары температураға төзімділігін растайды.

Шпонды желімдеу процесінде қосылыстардың сапасы мен бүкіл өндіріс процесінің тиімділігі тәуелді болатын технологиялық параметрлерді оңтайландыру маңызды қадам болып табылады. Осы зерттеу аясында желім қосылыстарының сипаттамаларына әсер ететін негізгі технологиялық параметрлер, сондай-ақ оларды негіздеу және оңтайландыру әдістері қарастырылды.

Желімдеудің оңтайлы нәтижелеріне қол жеткізу үшін шпонның ылғалдылығы 8-12% шегінде болуы тиіс. Бұл материал өзінің құрылымын жоғалтпайтын және желім байланысы барынша беріктікке жететін оңтайлы диапазон. Ылғалдылығы 12%-дан жоғары болғанда престеу уақыты артады, ал ылғалдылығы 8%-дан төмен болғанда желімнің сүрек құрылымына енуі нашарлайды. Карбамидмеламиноформальдегид шайырын желім құрамы ретінде пайдалану қосылыстардың жоғары беріктігін және ылғалға жақсы төзімділікті қамтамасыз етеді. Дәстүрлі казеин желімдерінен айырмашылығы, карбамидмеламиноформальдегидті қосылыстар оңтайлы температура мен уақыт параметрлерінде берік және суға төзімді қосылыстарға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, шпонды желімдеу процесін оңтайландыру үшін келесі ұсыныстарды жасауға болады:

Престеу температурасы: желім қосылыстарының максималды беріктігін қамтамасыз ету үшін 110°С деңгейінде ұстаңыз.

Престеу қысымы: Желімді тиімді тарату және оның ағып кетуіне жол бермеу үшін 0,7 МПа деңгейінде орнатыңыз.

Нығыздау уақыты: жоғары өнімділікті сақтай отырып, желімді тиімді қатайту үшін 15-20 минутқа дейін оңтайландыру.

Шпонның ылғалдылығы: сенімді және берік қосылысты қамтамасыз ету үшін 8-12% шегінде ұстау.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады.

1. Фенолформальдегидті шайырларды өндіру экологиялық тұрғыдан қауіпті. Шайыр компоненттерін сақтау кезінде және оларды өндіру процесінде улы газ шығарындыларының саны сағатына 700-1000 м^3 құрайды. Газ шығарындыларындағы зиянды заттардың мөлшері, атап айтқанда фенол бойынша, ШЕК нормасынан бірнеше есе көп.

2. Қатаюдан кейін меламинформальдегидті полимер аз уытты. Бұл меламинформальдегид конденсациясының ерекшеліктеріне, атап айтқанда,

меламинде формальдегидпен әрекеттескенде тармақталған құрылымы бар қосылыстар түзуге қабілетті үш амин тобының болуына байланысты.

3. Уыттылықты төмендетудің бір бағыты – фанера өндірісінде меламинформальдегидті шайырды қолдануға көшу. Меламинформальдегидті шайырлар қымбат, сондықтан фанера өндіру үшін карбамидмеламиноформальдегидті шайырларды қолдануды игеру қажет.

Әдебиеттер тізімі

1. Соколова Е.Г. Склеивание шпона при изготовлении низкотоксичной фанеры с применением клеев на основе карбамидомеламиноформальдегидных смол. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Соколова Екатерина Геннадьевна. – Санкт-Петербург, 2011. – 150 с.
2. Исаева, Ж.М. Исследование влияния цеолитов на технологические свойства клеев [Текст]/ Ж.М. Исаева // Вестник KazGASA. Архитектура и Строительство. – 2024. – № 2 (92).
3. Тихомиров, Л.А. Совершенствование технологии изготовления клееной фанеры на основе применения фурановой смолы [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Тихомиров Леонид Алексеевич. – Санкт-Петербург, 2004. – 224 с.
4. ГОСТ 3916.1-2018. Фанера. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.04.2019. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 24 с.
5. ГОСТ 30972-2012. Клеи для древесины. Клеевые составы на основе карбамидомеламиноформальдегидных смол. Технические условия [Текст]. – [?].

Материал редакцияға 25.02.25 түсті, 18.06.25 қабылданды.

М.Т. Мухамбетжанова[1], Э.Б. Курманбекова[1], А.К. Самбетбаева[1], С.Т. Шалтабаева[1]

[1]Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СКЛЕИВАНИЯ ШПОНА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НИЗКОТОКСИЧНОЙ ФАНЕРЫ

Аннотация. В данной работе всесторонне исследованы процессы склеивания шпона при производстве фанеры. Основная цель исследования – определение эффективного клеевого состава с пониженной токсичностью, обеспечивающего высокие физико-механические и технологические свойства фанеры, а также его внедрение в производство. В качестве основного клея использовалась карбамидомеламиноформальдегидная смола (КМФ-С). Благодаря высокому содержанию меламина данный клей обеспечивает повышенную водостойкость, а уровень выделения формальдегида составляет 0,5-1,0 мг/л, что соответствует классу токсичности Е1. Фанера была изготовлена из березового шпона в 7-слойной структуре. Процесс склеивания проводился при температуре 120-130°С, давлении 1,2 МПа и времени прессования 6 минут. Полученные физико-механические показатели: прочность клеевого соединения – 1,2-1,4 МПа (при норме ГОСТ 3916.1 не менее 1,0 МПа); водостойкость – отсутствие расслоения после 24 часов в воде; плотность – 0,68-0,74 г/см^3; выделение формальдегида – 0,6 мг/л (по перфораторному методу); гибкость и твердость – соответствуют требованиям стандарта. Результаты показали, что клей на основе КМФ-С является эффективным решением для получения фанеры с низкой токсичностью и высокими эксплуатационными характеристиками. Он может широко применяться в мебельной промышленности, интерьерной отделке, а также в производстве изделий для детских и медицинских учреждений.

Ключевые слова: фанера, клей, аэросил, цеолит, фурфурол, бура, формальдегид, низкотоксичность, карбамидомеламиноформальдегид, фенол.

M.T. Mukhambetzhanova[1], E.B. Kurmanbekova[1], A.K. Sambetbayeva[1], S.T. Shaltabaeva[1]

[1]International educational corporation, Almaty, Kazakhstan

RESEARCH OF VENEER BONDING PROCESSES IN THE MANUFACTURE OF LOW-TOXIC PLYWOOD

Abstract. This article presents a comprehensive study of veneer bonding processes in plywood manufacturing. The main objective of the research is to determine and implement an effective low-toxicity adhesive formulation that ensures high physical, mechanical, and technological properties of plywood. The primary adhesive used was carbamide-melamine-formaldehyde resin (CMF resin). Due to its high melamine content, this resin provides enhanced water resistance and low formaldehyde emission levels (0.5-1.0 mg/L), corresponding to E1 toxicity class. The plywood was manufactured from birch veneer in a 7-layer structure. The bonding process was carried out at a temperature of 120-130^{0}C, pressure of 1.2 MPa, and pressing time of 6 minutes. The resulting physical and mechanical properties: bonding strength – 1.2-1.4 MPa (meets or exceeds the 1.0 MPa minimum required by GOST 3916.1); water resistance – no delamination after 24 hours in water; density – 0.68-0.74 g/cm^3; formaldehyde emission – 0.6 mg/L (perforator method); flexibility and hardness – within standard requirements. The results demonstrate that CMF resin is an effective solution for producing high-quality, low-toxicity plywood. This adhesive can be widely used in the furniture industry, interior construction, and in the manufacture of wood products for children's and medical facilities.

Keywords: plywood, adhesive, aerosil, zeolite, furfural, borax, formaldehyde, low toxicity, carbamide-melamine-formaldehyde, phenol.

References

1. Sokolova Ye.G. Skleivaniye shpona pri izgotovlenii nizkotoksichnoy fanery s primeneniyem kleyev na osnove karbamidomelaminoformal'degidnykh smol. [Veneer bonding in the production of low-toxicity plywood using adhesives based on urea-melamine-formaldehyde resins.]: dis. ... Cand. of Technical Sciences: 05.21.05 / Sokolova Yekaterina Gennad'yevna. – St. Petersburg, 2011. – 150 p. [in Rusian].
2. Isayeva, ZH.M. Issledovaniye vliyaniya tseolitov na tekhnologicheskiye svoystva kleyev [Study of the influence of zeolites on the technological properties of adhesives] // Bulletin of KazGASA. Architecture and Construction. – 2024. – No. 2 (92). [in Rusian].
3. Tikhomirov, L.A. Sovershenstvovaniye tekhnologii izgotovleniya kleyenoy fanery na osnove primeneniya furanovoy smoly [Tekst]: dis. ... Cand. of Technical Sciences: 05.21.05 / Tikhomirov Leonid Alekseyevich. – St. Petersburg, 2004. – 224 p. [in Rusian].
4. GOST 3916.1-2018. Fanera. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Plywood. General specifications]. – Introduced. 01.04.2019. – Moscow: Standartinform, 2019. – 24 p. [in Rusian].
5. GOST 30972-2012. Klei dlya drevesiny. Kleyevyye sostavy na osnove karbamidomelaminoformal'degidnykh smol. Tekhnicheskiye usloviya [Wood adhesives. Adhesive compositions based on urea-melamine-formaldehyde resins. Specifications]. – [?][in Rusian].

IRSTI 67.15.63

Zh. Zhantlessova[1] – *main author*,
R. Lukpanov[2], D. Dyussembinov[3],
S. Yenkebayev[4], D. Tsygulyov[5], G. Kaklauskas[6]

©

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

ORCID

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

[1,2,3,4,5]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
[6]Gediminas Technical University of Vilnius, Vilnius, Lithuania

@ *[1]zhibek81@mail.ru; proyekt.2022@bk.ru*

https://doi.org/10.55956/HJAL8562

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF A MODIFIED ADDITIVE ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF INJECTION GROUTS IN THE DEEP CEMENTATION METHOD

Abstract. This study presents the results of research on the influence of a modified additive on the strength characteristics of injection grouts used in the deep cementation method. The primary component of the additive is paraffin, which enhances the plasticity of the mixture and reduces the water-cement ratio, ultimately improving the mechanical properties of the hardened grout. The tests were conducted on beam specimens at different hydration periods to determine the optimal additive concentration that ensures maximum grout strength. The analysis of the results revealed the strength variation dynamics in compression and bending, as well as the most effective additive concentration for further research and practical application. The obtained data may contribute to the improvement of injection-based soil reinforcement technologies and the expansion of deep cementation applications in construction.

Keywords: modified additive, deep cementation method, paraffin, deep cementation.

Zhantlessova Zh., Lukpanov R., Dyussembinov D., Yenkebayev S., Tsygulyov D., Kaklauskas G. Assessment of the influence of a modified additive on the strength characteristics of injection grouts in the deep cementation method //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.327-335. https://doi.org/10.55956/HJAL8562

Introduction. The proposed deep cementation method has found widespread application in various fields of construction and engineering. In urban environments, deep cementation is used to reinforce the foundations of high-rise buildings, bridges, tunnels, and other infrastructure projects. In rural areas, the method is applied for slope stabilization, landslide prevention, and the reinforcement of shorelines and dams [1]. Given the increasing impact of climate change and rising sea levels, ensuring the reliable protection of shorelines and hydraulic structures has become a priority. Deep cementation enables the creation of strong and durable barriers that prevent erosion and scouring [2].

A notable example of the successful application of this method is the reinforcement of the shoreline in the Netherlands, where high sea levels and frequent

storms pose a significant threat. The use of modified cementitious grouts incorporating nanomaterials and polymer additives has allowed for the construction of stable and long-lasting reinforcements capable of withstanding the effects of water and wind [3].

Landslides also present a serious threat to infrastructure and public safety, particularly in mountainous regions and on slopes with unstable soils. Deep cementation is utilized to stabilize slopes, preventing their displacement and collapse. In shoreline reinforcement applications, modified cementitious grouts with nanomaterials and polymer additives provide erosion protection and resistance to climatic impacts. For slope stabilization, the incorporation of polymer additives and nanomaterials helps prevent landslides and enhances resilience against heavy precipitation and earthquakes [4].

The development and application of modified additives in cementitious grouts represent a crucial research area aimed at improving the strength, durability, and stability of reinforced soils [5]. The inclusion of polymer additives, nanomaterials, and chemical compounds in cement mixtures significantly enhances their properties, which is particularly relevant in complex geological conditions and regions with high seismic activity [6].

Despite its numerous advantages, the deep cementation method faces several challenges. One of the main issues is the high cost of modified cementitious grouts, which limits their application in certain projects. Additionally, it is essential to consider the specific conditions of each site and select the optimal grout composition based on the construction requirements and soil type [7].

In recent years, increasing attention has been given to the development of bioactive additives that improve the interaction between cementitious stone and natural soils. Bioactive additives accelerate hydration and enhance the microstructure of the cementitious matrix, leading to increased strength and durability .

This study presents the results of modifications applied to injection grouts based on general-purpose construction cements. The rationale for this approach is that in the construction market and the engineering-geological conditions of the research region (Central Kazakhstan), general-purpose cement of grade M500 is in high demand for injection grouts [8].

The objective of this study was to develop the composition and production technology of a modifying additive for injection grout based on general-purpose construction cement for the deep cementation method. This paper presents the findings of an investigation into the effects of the developed modified additive on the strength of injection grout, with the aim of enhancing the efficiency and reliability of soil reinforcement techniques under various conditions.

Materials and methods. The modified additive for the injection grout consists of the following components: cement, paraffin, sulfuric acid (neutralizer), and water. The primary component of the additive is paraffin, which increases the mobility of the mixture and retains active cement ions within the composition by enhancing its density. Increasing the mobility of the mixture by raising the water-cement ratio in a cement-sand blend can lead to concrete segregation, where active ions are carried to the surface by water.

Cement in the additive composition serves as the base in which paraffin is dissolved. As a result, a suspended paraffin-cement mixture is obtained, which is hydrated with water. During the dissolution of paraffin in cement, activation occurs within a suspended ion-active medium. Sulfuric acid is introduced into the additive

to facilitate the dissolution of inherently hydrophobic paraffin in an aqueous environment.

The preparation of the modified additive involves the complete dissolution of paraffin in the cement mixture with strict water control. This control is necessary due to the exothermic neutralization reaction between the alkaline cement mixture and sulfuric acid, which causes water evaporation. Through multiple iterations of mixture preparation, the optimal component ratio was established, accounting for water evaporation: Cement – 1000 g, Paraffin – 200 g, Sulfuric acid – 100 g, Water – 1000 g. This proportion provides a balanced, mobile mixture that can be easily incorporated into the injection grout composition. The control injection grout consisted of the following components: Cement – 500 g, Sand – 1500 g, Water – 250 ml, The modified additive was incorporated into the control grout in varying proportions: 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, and 1.0% by mass of the mixture.

For strength testing under compression and bending, three specimens of each mixture were prepared (Figure 1), denoted in the results as Mix 1, Mix 2, and Mix 3. To indicate the inclusion of the modified additive, the following labeling system was used: Mix(R)1-3, Mix(0.2)1-3, … Mix(1.0)1-3 (where R represents the reference sample and 0.2–1.0 denotes the percentage of the additive in the specimen composition). A total of 18 mixtures were prepared, each consisting of three beam specimens. Table 1 presents the composition of each mixture.

Table 1

Mixture compositions

Name of samples	Sand, g	Cement, g	Water, g	Additive, g
Reference sample	1500	500	250	0
Mix(0.2)	1500	499	250	1
Mix(0.4)	1500	498	250	2
Mix(0.6)	1500	497	250	3
Mix(0.8)	1500	496	250	4
Mix(1.0)	1500	495	250	5

The strength testing of the specimens under compression and bending was conducted in accordance with GOST 310.4 (Figure 1), which is the standard method for assessing the performance of injection grouts. The comparative analysis of the strength of specimens with varying compositions was performed to determine the optimal composition of the modified additive and evaluate its effectiveness.

Fig. 1. Laboratory strength tests of concrete specimens

By comparing the strength characteristics of specimens with and without the additive, it becomes possible to assess the impact of the additive's components on the modification of the injection grout and its transformation in terms of strength improvement.

Research results and discussion. *Compressive strength tests on specimens.* Figure 2 presents the results of compressive strength testing for specimens with varying compositions of cement grout. The diagrams illustrate the strength development over time at 7, 14, and 28 days, along with the corresponding coefficients of variation.

Figure 2A displays the results for the reference samples (without the additive). Figures 2B–2F show the results for specimens containing the modified additive in different concentrations (ranging from 0.2% to 1.0% by cement mass). These data provide insights into the effectiveness of the additive in enhancing the compressive strength of the injection grout over time.

According to the results of the compressive strength tests, the average strength of the reference samples at different curing ages is as follows:

– 7-day strength: 25.53 MPa (individual values: 24.3–26.4 MPa, coefficient of variation: 4.30%);

– 14-day strength: 33.80 MPa (individual values: 31.9–35.2 MPa, coefficient of variation: 4.95%);

– 28-day strength: 38.70 MPa (individual values: 37.4–39.7 MPa, coefficient of variation: 3.01%).

These values were taken as the baseline for evaluating the effects of the modified additive at different concentrations.

Strength Development with Additive at Different Concentrations.

0.2% additive: 7-day strength: 25.7 MPa (range: 24.4–26.8 MPa, coefficient of variation: 4.59%), 14-day strength: 34.5 MPa (range: 32.7–35.8 MPa, coefficient of variation: 4.74%), 28-day strength: 39.1 MPa (range: 38.0–39.9 MPa, coefficient of variation: 2.53%).

0.4% additive: 7-day strength: 26.1 MPa (range: 24.9–27.1 MPa, coefficient of variation: 4.13%), 14-day strength: 34.5 MPa (range: 33.4–36.3 MPa, coefficient of variation: 4.55%), 28-day strength: 39.3 MPa (range: 38.1–40.9 MPa, coefficient of variation: 2.77%).

0.6% additive: 7-day strength: 26.1 MPa (range: 24.9–26.4 MPa, coefficient of variation: 4.17%), 14-day strength: 34.8 MPa (range: 33.9–35.9 MPa, coefficient of variation: 2.80%), 28-day strength: 40.3 MPa (range: 39.6–41.2 MPa, coefficient of variation: 2.10%).

0.8% additive: 7-day strength: 26.8 MPa (range: 25.5–28.1 MPa, coefficient of variation: 4.97%), 14-day strength: 36.2 MPa (range: 35.3–36.9 MPa, coefficient of variation: 2.30%), 28-day strength: 41.9 MPa (range: 41.2–42.5 MPa, coefficient of variation: 1.57%).

1.0% additive: 7-day strength: 27.1 MPa (range: 25.7–28.2 MPa, coefficient of variation: 4.75%), 14-day strength: 36.4 MPa (range: 35.2–37.2 MPa, coefficient of variation: 3.00%), 28-day strength: 42.1 MPa (range: 41.3–43.1 MPa, coefficient of variation: 2.15%).

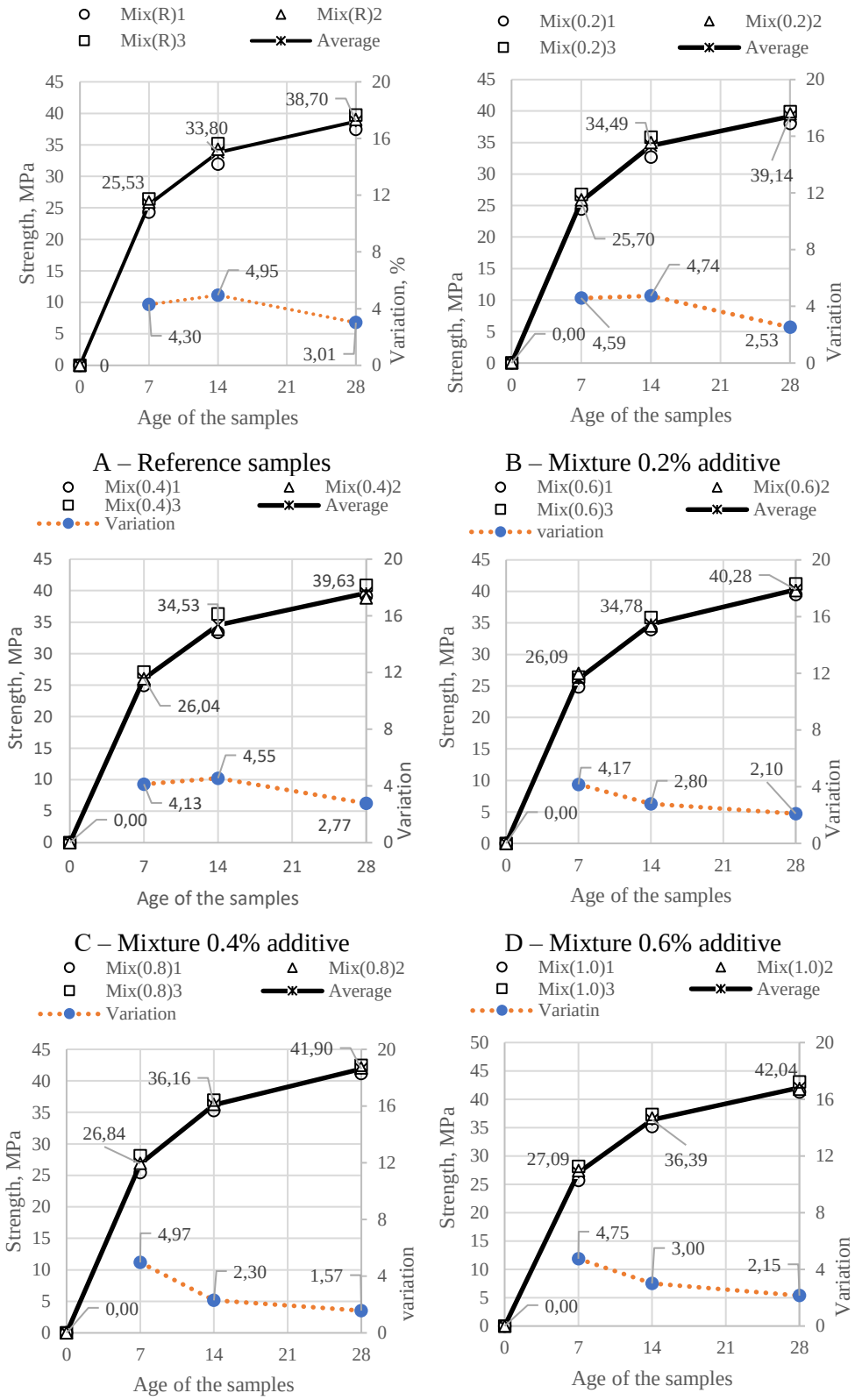


Fig. 2. Results of determining the compressive strength of the samples

Analysis of Strength Variations. The changes in the coefficients of variation over time indicate that as the full curing period progresses, the results become more stable, and the scatter of individual values decreases. This suggests that the specimens are approaching full structural strength.

Early-stage curing: Structural strength is less stable, with variation coefficients exceeding 4.17% in all cases. End of the curing period: The variation coefficients decrease significantly, reaching a 30–50% reduction, indicating greater uniformity in structural formation.

These findings confirm that the addition of the modified additive positively influences strength development and consistency, particularly in the later stages of hydration.

Tensile strength testing of specimens. Figure 3 presents the results of flexural strength testing for specimens with varying compositions of cement grout. The diagrams illustrate the strength development over time at 7, 14, and 28 days, along with the corresponding coefficients of variation.

Figure 3A displays the results for the reference samples (without the additive). Figures 3B–3F show the results for specimens containing the modified additive in different concentrations (ranging from 0.2% to 1.0% by cement mass).

These data provide insights into the effectiveness of the additive in enhancing the flexural strength of the injection grout over time.

According to the results of the flexural strength tests, the average strength of the reference samples at different curing ages is as follows:

– 7-day strength: 3.23 MPa (individual values: 3.03–3.46 MPa, coefficient of variation: 6.74%);

– 14-day strength: 4.26 MPa (individual values: 4.04–4.49 MPa, coefficient of variation: 5.29%);

– 28-day strength: 5.11 MPa (individual values: 4.92–5.23 MPa, coefficient of variation: 3.30%)

These values were taken as baseline indicators for assessing the effect of the modified additive at different concentrations.

Strength Development with Additive at Different Concentrations.

0.2% additive: 7-day strength: 3.30 MPa (range: 3.12–3.55 MPa, coefficient of variation: 6.77%), 14-day strength: 4.34 MPa (range: 4.14–4.58 MPa, coefficient of variation: 5.16%), 28-day strength: 5.21 MPa (range: 5.07–5.39 MPa, coefficient of variation: 3.14%).

0.4% additive: 7-day strength: 3.37 MPa (range: 3.28–3.55 MPa, coefficient of variation: 4.54%), 14-day strength: 4.41 MPa (range: 4.21–4.67 MPa, coefficient of variation: 5.38%), 28-day strength: 5.28 MPa (range: 5.11–5.45 MPa, coefficient of variation: 3.22%).

0.6% additive: 7-day strength: 3.41 MPa (range: 3.29–3.62 MPa, coefficient of variation: 3.41%), 14-day strength: 4.45 MPa (range: 4.26–4.74 MPa, coefficient of variation: 5.69%), 28-day strength: 5.33 MPa (range: 5.14–5.53 MPa, coefficient of variation: 3.67%).

0.8% additive: 7-day strength: 3.43 MPa (range: 3.29–3.56 MPa, coefficient of variation: 3.95%), 14-day strength: 4.48 MPa (range: 4.28–4.69 MPa, coefficient of variation: 4.58%), 28-day strength: 5.45 MPa (range: 5.23–5.66 MPa, coefficient of variation: 3.95%).

1.0% additive: 7-day strength: 3.48 MPa (range: 3.30–3.65 MPa, coefficient of variation: 5.03%), 14-day strength: 4.53 MPa (range: 4.34–4.72 MPa, coefficient

of variation: 4.20%), 28-day strength: 5.49 MPa (range: 5.29–5.61 MPa, coefficient of variation: 3.22%).

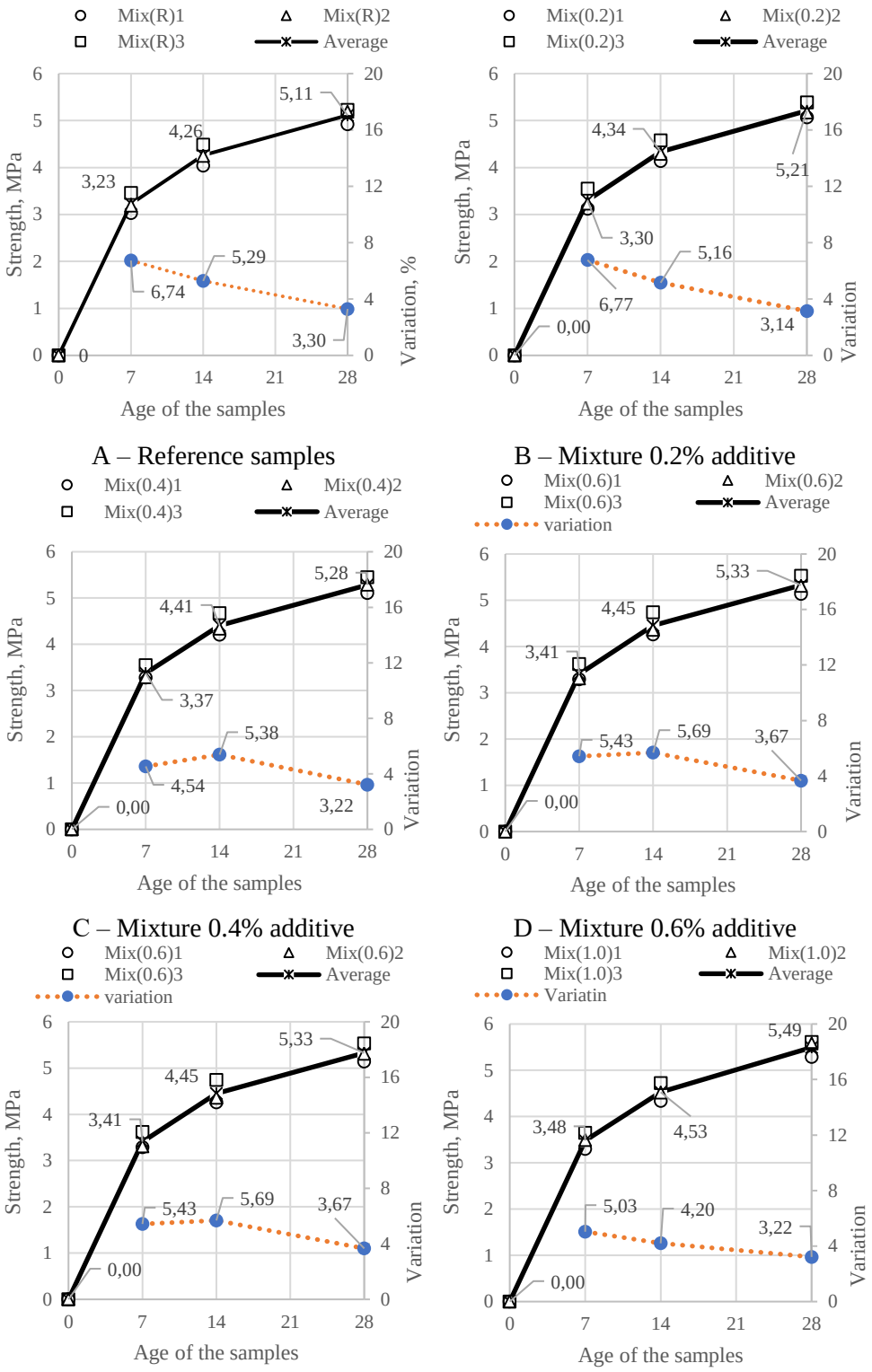


Fig. 3 Results of flexural strength of the samples

Analysis of Strength Variations. The changes in the coefficients of variation over time indicate that as the full curing period progresses, the results become more stable, and the scatter of individual values decreases. This suggests that the specimens are approaching full structural strength.

Early-stage curing: Structural strength is less stable, with variation coefficients exceeding 5% in most cases. End of the curing period (28 days): The variation coefficients decrease significantly, showing a 20–30% reduction, indicating improved uniformity in structural formation.

Conclusion. Based on the test results, the highest compressive strength (at all curing ages) was observed in specimens with the maximum additive concentration of 1.0%, showing a 6–9% increase compared to the reference sample, depending on the curing age. A notable increase in strength was observed up to an additive concentration of 0.8%, after which the influence of the additive on strength diminished. The strength gain at 1.0% concentration compared to 0.8% was only 0.3–0.9%, indicating that for optimal strength improvement, an additive concentration of 0.8–1.0% can be considered. From a statistical perspective, a significant strength increase was first recorded at 0.6% concentration. If other performance parameters (beyond compressive strength) are taken into account, the optimal additive concentration may be considered within the 0.6–1.0% range by cement mass.

Flexural Strength: The highest flexural strength (at all curing ages) was also observed in specimens with the maximum additive concentration of 1.0%, showing a 6–8% increase compared to the reference sample, depending on the curing age. A steady increase in flexural strength was recorded up to an additive concentration of 1.0%. Thus, for optimal enhancement of flexural strength, an additive concentration of 1.0% is recommended. From a statistical perspective, a noticeable strength gain was observed at 1.0% concentration. If strength preservation is prioritized while optimizing other performance parameters, the recommended additive range may be 0.2–1.0% by cement mass.

References

1. Altynbekova A., Lukpanov R., Yenkebayev S., Tsygulyov D., Nurbayeva M. Complex laboratory studies of modified additive influence on concrete physical and mechanical properties // International Journal of GEOMATE. – 2022. – Vol. 23. – Issue 100. – P. 26-33.
2. Singh R. et al. 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. Consoli N.C., Rosa F.V., Cruz R.C. The Role of Additives in Improving the Performance of Cement-Based Grouts // Cement and Concrete Research. – 2011. – P. 1257-1278.
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.
5. Lukpanov R., Dyussembinov D., Altynbekova A., Zhantlesova Z. Approximative approach to optimize concrete foaming concentration in two stage foaming // Technobius. – Vol. 3. – No. 3. – P. 0041.
6. ASTM C143-15. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. ASTM International, 2015
7. Lukpanov R. E. et al. Influence of blow energy of the hammer on the bearing capacity of piles during dynamic testing // Challenges and Innovations in Geotechnics-Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC. – 2016. – P. 71-74.
8. Lukpanov R. E. et al. 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. – P. 107-113.

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

Received: 31 March 2025
Accepted: 21 May 2025

Ж.Б. Жантлесова[1], Р.Е. Лукпанов[1], Д.С. Дюсембинов[1],
С.Б. Енкебаев[1], Д.В. Цыгулев[1], Г. Каклаускас[2]

[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қахақстан
[2]Гедиминас атындағы Вильнюс техникалық университеті,
Вильнюс қ., Литва Республикасы

ТЕРЕҢ ЦЕМЕНТТЕУ ӘДІСІНІҢ ИНЪЕКЦИЯЛЫҚ ЕРІТІНДІЛЕРІНІҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫНА МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ҚОСПАНЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада терең цементтеу әдісінде қолданылатын инъекциялық ерітінділердің беріктік сипаттамаларына модификацияланған қоспаның әсерін зерттеу нәтижелері берілген. Қоспаның негізгі құрамдас бөлігі парафин болып табылады, ол қоспаның икемділігін жақсартуға және су-цемент қатынасын азайтуға көмектеседі, бұл ақыр соңында шыңдалған ерітіндінің механикалық қасиеттерін жақсартады. Ерітіндінің максималды беріктігін қамтамасыз ететін қоспаның оңтайлы концентрациясын анықтау үшін әртүрлі гидратация уақытында сәулелік үлгілерде сынақтар жүргізілді. Нәтижелерді талдау қысу және иілу беріктігінің өзгеру динамикасын анықтауға, сонымен қатар кейінгі зерттеулер мен практикалық қолдану үшін қоспаның ең тиімді концентрациясын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған мәліметтер топырақты айдау технологиясын жетілдіруге және құрылыста терең цементтеуді қолдану аясын кеңейтуге ықпал ете алады.

Тірек сөздер: модификацияланған қоспа, терең цементтеу әдісі, парафин, терең цементтеу.

Ж.Б. Жантлесова[1], Р.Е. Лукпанов[1], Д.С. Дюсембинов[1],
С.Б. Енкебаев[1], Д.В. Цыгулев[1], Г. Каклаускас[2]

[1]Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
[2]Вильнюсский технический университет Гедимина,
г. Вильнюс, Литовская Республика

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДА ГЛУБИННОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования влияния модифицированной добавки на прочностные характеристики инъекционных растворов, применяемых в методе глубинной цементации. Основным компонентом добавки является парафин, который способствует улучшению пластичности смеси и снижению водоцементного отношения, что в конечном итоге повышает механические свойства затвердевшего раствора. Испытания проводились на балочных образцах в разные сроки гидратации с целью определения оптимальной концентрации добавки, обеспечивающей максимальную прочность раствора. Анализ результатов позволил выявить динамику изменения прочности при сжатии и изгибе, а также определить наиболее эффективную концентрацию добавки для последующих исследований и практического применения. Полученные данные могут способствовать совершенствованию технологий инъекционного упрочнения грунтов и расширению области применения глубинной цементации в строительстве.

Ключевые слова: модифицированная добавка, метод глубокой цементации, парафин, глубинная цементация.

ҒТАМР 67.07.11

Д.А. Оканов[1] – *негізгі автор*,
А.А. Брянцев[2], **С.Е. Ниетбай**[3], **Ж.Н. Молдамуратов**[4]

[1]Докторант, ассистент-профессор, [2]PhD, зерттеуші қауымдас. профессор, [3]PhD, [4]PhD

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0001-9645-3140 [2]https://orcid.org/0000-0002-6932-8202 [3]https://orcid.org/0000-0002-9748-6830 [4]https://orcid.org/0000-0002-4573-1179*

[1,2,3,4]Халықаралық білім беру корпорациясы,

Алматы қ., Қазақстан

@ *[3]s.nietbay@mok.kz*

https://doi.org/10.55956/VZLM7026

ГОФРЛЕНГЕН ҚАБЫРҒАЛЫ КРАНАСТЫ АРҚАЛЫҚТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ КЕРНЕУ ТАЛДАУЫ

Аңдатпа. Бұл мақала кранасты арқалықтарындағы жазық қабырғаны гофрленген қабырғамен алмастыру мүмкіндігін зерттеуге арналған. Зерттеу барысында қабырға пішінінің екі түріндегі кернеу жағдайына талдау жүргізіліп, гофрленген қабырғалардың ерекшеліктері мен артықшылықтары анықталды. Мақалада гофрленген құрылымның жазық қабырғаны тиімді алмастыра алатыны, оның беріктік, қатаңдық, көтергіштік және тұрақтылық қасиеттерін арттырып, жүктеме әсерінен дәнекер тігістерінің ажырауын болдырмайтыны егжей-тегжейлі көрсетілген. Бұл әдісті таңдаудың себептері мен оны өнеркәсіптік жағдайда қолдану мүмкіндіктері жан-жақты қарастырылады. Зерттеу аясында компьютерлік эксперимент жүргізіліп, онда Tonus постпроцессоры бар SCAD бағдарламалық кешені және Лира-САПР 2022 бағдарламасы қолданылды. Эксперимент кезеңдері нақты экспериментке негізделген арқалық моделінің соңғы элементтік үлгісін құруды, Tonus постпроцессорында әртүрлі қабырға пішіндерінің геометриялық сипаттамаларын есептеуді, жазық және гофрленген қабырғалары бар үшөлшемді кранасты арқалықтарын модельдеуді, Лира-САПР 2022 бағдарламасында қабырғалардағы ең жоғарғы қалыпты және жанама кернеулерді анықтауды, жазық және гофрленген қабырғалы арқалықтардың нәтижелерін салыстыруды және алынған деректер негізінде қорытындыларды интерпретациялауды қамтыды. Авторлар бұл тәсілдің өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолдану әлеуетін атап өтіп, кранасты арқалықтарының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етудегі маңыздылығын көрсетеді. Алынған нәтижелер болашақ зерттеулер мен өнеркәсіптік нысандарды жобалау және пайдалану барысында инновациялық шешімдерді енгізуге негіз бола алады.

Тірек сөздер: кранасты арқалық, жазық қабырға, гофрленген қабырға, статикалық жүктеме, көпір кран, көлденең күш, қалыпты кернеулер.

Оканов Д.А. Гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарды модельдеу және кернеу талдауы [Мәтін] / Д.А. Оканов, А.А. Брянцев, С.Е. Ниетбай, Ж.Н. Молдамуратов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.336-350. https://doi.org/10.55956/VZLM7026

Кіріспе. Зерттеудің негізгі мақсаты – үшбұрышты пішіндегі гофрленген қабырғалары бар дәнекерленген арқалықтардың деформациялану және жұмыс істеу ерекшеліктерін анықтау.

Зерттеу барысында келесі негізгі міндеттерді шешу қажет:

– үш түрлі жүктеме мәніне арналған ең тиімді қабырға түрін анықтау;
– гофраның ең тиімді параметрлерін белгілеу.

Гофрленген арқалық – бұл әртүрлі қималы металлдан жасалған сөрелері және көлденең бағытта иілген (гофрленген) қабырғасы бар арқалық. Мұндай арқалықтардың қабырғалары үшбұрышты, толқынды, трапециялы, тікбұрышты және т.б. профильді болуы мүмкін. Арқалық сөрелері болат прокатынан, пішінді профильдерден, электрмен дәнекерленген құбырлардан немесе темірбетон элементтерінен дайындалады. Гофрленген қабырғалы арқалықтар көптеген елдерде қолданылады.

Соңғы жылдары өндірістік ғимараттардың қарқынды салынуына байланысты кранасты арқалықтарға ерекше назар аударылуда. Олардың сенімділігі, беріктігі және тиімділігі өндірістік және логистикалық үдерістерді жақсартуға, сондай-ақ ауыр жүктемелермен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [1]. Кранасты арқалық – бұл көпір кранының дөңгелектерінен түсетін жүктемені қабылдайтын көтергіш құрылым [2]. Сонымен қатар, кранасты конструкциялар рама жазықтығынан колонналарды байлау, тежеу жүктемелерінен және жел жүктемелерінен бойлық күштерді бағандар арасындағы тік байланыстарға беру, сейсмикалық және басқа да әсерлерді азайту арқылы бүкіл құрылымның үйлесімді жұмысын қамтамасыз етеді [3].

Ашық қолжетімді әдебиеттерде гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарды жобалау бойынша бірнеше шешімдер келтірілген.

Гофрленген қабырғалы дәнекерленген двутавр арқалықтың тиімділігі көтергіштік, беріктік, тұрақтылық және ұзақмерзімділік тұрғысынан жан-жақты зерттелген [4]. Арқалықтарды күшейту, кернеу-деформация күйі, әртүрлі әсерлер кезіндегі мінез-құлқы да зерттелуде. Гофрленген қабырғалар қолданылған қорапты қималы кранасты арқалықтар туралы еңбекте зерттелген [5].

Гофрленген және жазық қабырғалы двутавр арқалықтардың шаршау төзімділігі соңғы элементтер әдісімен салыстырылды. Нәтижесінде, гофрленген қабырға шаршау сипаттамалары мен төзімділігі бойынша әлдеқайда жоғары көрсеткіштер көрсетті. Зерттеуде гофрленген қабырға элементтерінің биіктігі, ұзындығы мен бұрышын өзгерту арқылы құрылымның шаршауға төзімділігі жүйелі түрде талданған. Сонымен қатар, гофра параметрлері мен болат шығыны, шаршауға төзімділік және экономикалық тиімділік ескеріліп, жобалау кезінде қолдануға болатын нұсқаулықтар ұсынылған [6].

Сонымен бірге, кранасты арқалық кез келген құрылым сияқты шешімін талап ететін мәселелерге ие. Статикалық және динамикалық жүктемелер әсерінен жоғарғы сөре мен дәнекер тігіс маңында жарықтар пайда болады. Тежеу құрылғыларының бекіту жіктері және колонналарға қосылатын түйін элементтері де зақымданады. Дайындау мен монтаж кезіндегі дәнекерлеу сапасының төмендігі, монтаж дәлсіздігі және рельстің кранасты арқалық осіне қатысты ығысуы бұл ақаулардың ерте пайда болуына әсер етеді [7].

Мақалада жазық қабырғаны гофрленген қабырғамен алмастыру арқылы дәнекерленген қосылыстардың сенімділігі мен құрылымдық тұрақтылығын арттыру мүмкіндігі зерттелген. Қабырға пішіндерінің екі түрі үшін кернеу

күйі талданып, гофрленген қабырғалардың артықшылықтары анықталған. Мақалада гофраланған құрылымның жүктемелер әсерінен дәнекер тігістерінің ажырауын қалай болдырмайтыны толық көрсетілген. Бұл әдістің таңдалу себептері мен өндірістік жағдайдағы қолдану мүмкіндіктері жан-жақты сипатталған [8].

Кейбір өндірістік ғимараттарда гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарды қолдану қажеттілігі туындайды, өйткені бұл олардың беріктігі мен тұрақтылығына елеулі әсер етеді. Жазық қабырғаға қарағанда, гофрленген қабырға арқасында болатты үнемдеу 20%-ға дейін жетеді, себебі қаттылық қабілеті жақсарып, қосымша қатаңдық беретін қабырға қабаттары қажет болмайды. Алайда, еңбектерінен басқа, гофрленген қабырғасы мен үшбұрышты гофры бар арқалықтар бойынша зерттеулер аз [9].

Қазақстан Республикасы мен Ресей Федерациясында ғылыми еңбектер мен нормативтік құжаттарда гофраның қалыңдығы, ұзындығы, тереңдігі және иілу диаметрі бойынша нақты түсіндірме болмағандықтан, осы параметрлердің кранасты арқалықтың деформациялануына әсерін зерттеу қажеттілігі туындайды. Бұл – жазық қабырғалы, қатайтқыш қабырғалары бар конструкцияны гофрленген, бірақ қатайтқышсыз қабырғаға балама ретінде ауыстыруға мүмкіндік береді [10].

Гофрленген қабырғаның жоғарғы сөреге қосылатын аймағындағы кернеу күйі – гофра түрі мен пішініне тәуелді, әрі қосымша зерттеуді қажет ететін өзекті мәселе [11].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеуде кранасты арқалықтардың физикалық, механикалық және экономикалық сипаттамаларын жақсарту мақсатында жазық қабырғаны гофрленген қабырғамен алмастыру мүмкіндігі қарастырылады.

Құрылымдық шешім ТМД елдері бойынша ғылыми зерттеулер мен нормативтік құжаттарда дәнекерленген І-бөлімді кранасты арқалықтарда гофрдің қалыңдығы, ұзындығы, тереңдігі мен иілу радиусы бойынша нақты түсіндірменің болмауына байланысты таңдалған [12,13].

Қазақстанда көлденең гофрленген қабырғалы арқалықтар көбіне үшбұрышты профильдегі гофрмен жасалады. Ал Швеция, Финляндия, АҚШ, Жапония және Нидерландыда трапециялы немесе тікбұрышты гофрлер, Австрия, Украина, Польша және Ресейде – синусоидалы гофр профильдері кеңінен қолданылады.

Қазақстанда трапециялы, тікбұрышты немесе синусоидалы гофр профильдерін өндіретін зауыттар болмағандықтан, бұл зерттеуде үшбұрышты гофрленген қабырғаға басымдық берілген [14].

Зерттеу әдісі жазық және гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтардың жұмысын сандық модельдеу арқылы талдауға негізделген. Мақсат – олардың көтергіш қабілетін, орнықтылығын және оңтайлы параметрлерін бағалау, сондай-ақ құрылыс барысында шығындарды азайту және еңбек өнімділігін арттыру [15].

Үшбұрышты гофрленген қабырғасы бар жай тірелген арқалыққа эксперименттік зерттеу жүргізілді. Гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалықтарды есептеуге арналған стандартталған әдістеме болмағандықтан, әсіресе жұқа гофрленген қабырғалар үшін олардың құрылыс саласында қолданылуын негіздеу мақсатында толық өлшемді сынақтар қажет.

Экспериментте қолданылған геометриялық параметрлер, материалдар, жүктемелер және граничтік шарттар төменде көрсетілген [16].

2019 жылы жүргізген теориялық және тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде қалыңдығы 2 мм болатын қабырғалар үшін гофрдің тиімді геометриялық параметрлері анықталды [2].

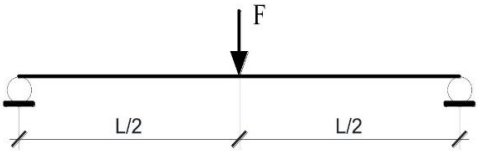
Сынақтар 1:2 масштабтағы үлкейтілген үлгіде жүргізілді: тұрақты көлденең қимасы бар арқалық (сөре 150×6 мм, қабырға 600×2 мм, гофр параметрлері 280×45×2/30 мм), аралық ұзындығы 4200 мм.

Сынақ барысында түсірілген жүктемелер электронды динамометр арқылы өлшеніп, манометрмен тексерілді. Иілу шамалары 0,01 мм дәлдіктегі электронды индикаторлармен тіркелді, ал үлгінің орнынан жылжуы немесе жергілікті жанышталу әсерлері есепке алынып, алынған нәтижеден алынып тасталды.

Индикаторлар арқалықтың тірек нүктелері мен жүктеме түсірілген орындарында орнатылып, тік бағыттағы орын ауыстыруларды тіркеді. Арқалық үшін жобалық жүктеме Fr = 60 кН деп белгіленді. Жүктеме сатылы түрде берілді: алғашқы екі сатыда 10 кН, кейінгі сатыларда 5 кН қосылып отырды. Әр сатыдан кейін үзіліс жасалып, иілу көрсеткіштері тіркелді.

Сынақ жай тірелген арқалықтың көлденең иілуі схемасы бойынша жүргізілді: шоғырланған күш аралықтың ортасында түсіріліп, арқалықтың ұштары тіректерге шарнирлі бекітілді.

Арқалықтың жалпы көрінісі мен геометриялық өлшемдері 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Сынақ моделін жүктеу схемасы

Үшбұрышты пішінді және төбелерінде дөңгелектенген гофралар толқын ұзындығы Lr = 280 мм және толқын биіктігі fr = 45 мм болатын. Қабырға мен сөрелердің материалы ретінде 3СП болаты таңдалды, ол ГОСТ 380-2005 стандарты бойынша С245 маркасына сәйкес келеді. Оның сипаттамалары: ағымдық шегі σ_y = 245 Н/мм², беріктік шегі σ_u = 370 Н/мм². Нақты ағымдық шек σ_y = 418,7 Н/мм², ал беріктік шек σ_u = 475,6 Н/мм². Арқалықтар «Юсем Тау» ЖШС цехында, Алматы қаласында дайындалды. Гофрленген арқалықтың жалпы көрінісі 2-суретте берілген.

Арқалықтар ДГО-25 гидравликалық домкраттары арқылы 100×20 мм болат пластинамен, ұзындығы сөренің еніне тең (L = 150 мм) жүктелді. Жүктемені тең үлестіру үшін домкраттар арқалықтың ортасына симметриялы орнатылып, шлангтармен жалғанып, бір сорғы арқылы қолмен басқарылады. Жүктеу схемасы 1-суретте көрсетілген.

Арқалықтардың деформациялану қасиеттері олардың кернеулі күйімен қатар зерттелді, себебі жұқа гофрленген қабырғалары бар арқалықтардың деформациясына қатысты ақпарат аз, бірақ олардың құрылыс практикасындағы маңыздылығы жоғары.

Гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарды сандық модельдеуге арналған ЛИРА-САПР 2022 бағдарламалық кешеніндегі шекті элементтер әдісін (ШЭӘ) қолдану оның құрылыс механикасы есептерін шешудегі дәлдігімен, гофралардың күрделі геометриялық пішіндерін нақты ескеру қабілетімен, кернеу-деформация күйінің әртүрлілігін бейнелей алуымен және

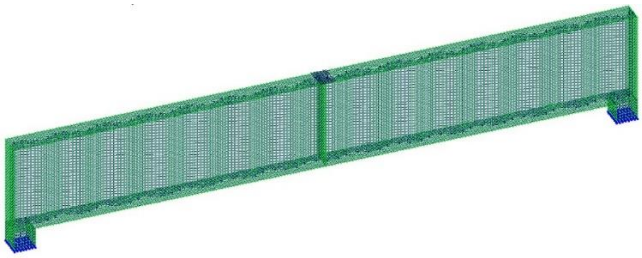
нәтижелерді эксперименттік деректермен салыстыру арқылы тексеру мүмкіндігімен негізделген. Бұл тәсіл арқалық сынақтары арқылы сәтті жүзеге асырылды.

ЛИРА-САПР бағдарламасындағы сандық модельдеу әдісі негізділігіне қарамастан, шекарадағы жағдайларды, әсіресе дәнекер жіктер мен тіректер аймағында нақты беру, гофраның күрделі геометриясын ескере отырып тордың оңтайлы параметрлерін таңдау, сондай-ақ жоғары жүктемелер кезіндегі мүмкін болатын сызықтық емес әсерлер – осының барлығы нәтижелерді мұқият тексеруді және растауды талап етті.

Гофрленген арқалықтарға жүргізілген эксперименттік зерттеулер олардың жұмыс істеу принциптері мен жобалық шешімдерінің тиімділігіне қатысты әртүрлі гипотезаларды дәлелдеу үшін аса маңызды. Қазақстандық және шетелдік құрылыс нормаларында гофра қалыңдығы, ұзындығы, тереңдігі және иілу радиусы бойынша нақты талаптар жоқ.

Жүргізілген сынақтар бірдей пайдалану жағдайларында бірдей қималы арқалықтардың деформациялану қасиеттерін салыстыруға, сондай-ақ ЛИРА-САПР 2022 бағдарламасындағы компьютерлік модельдеудің дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді. Бұл бағдарлама гофрленген двутавр арқалықтарға болашақта сандық зерттеулер жүргізу үшін негізгі құрал ретінде қолдануға лайық.

Соңғы элементтер әдісі негізінде жасалған сандық модель 2019 жыды зерттелген арқалық (2-сурет) бойынша [2] эксперименттік деректермен салыстырылып тексерілді, бұл оның нақтылығы мен сенімділігін растады. Осыдан кейін гофрленген қабырға үшін бақылау өлшемдері таңдалып, тиімді параметрлер есептеліп, анықталды.



Сурет 2. Гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалық

2-кестеде Б-1 арқалығы үшін аралықтың ортасындағы иілу моменті (M_e), тіректердегі көлденең күш (Q_e), сөрелердегі максималды кернеу (σ_{max}), қабырғалардағы максималды кернеу (τmax), сондай-ақ эксперименттік (Y_e), теориялық (Y_t) және есептік (Y_c) иілім мәндері берілген.

Сандық экспериментте тор параметрлерінің нәтижеге тәуелділігін жою мақсатында тордың тәуелсіздігі ескерілді. Гофраның иілу доғасының ең кіші ұзындығы 18,66 мм болғандықтан, бастапқы тор өлшемі 0,02×0,02 м деп алынды.

Компьютерлік модельдеу соңғы элементтер әдісіне негізделген ЛИРА-САПР 2022 бағдарламалық кешені арқылы жүргізілді. Шекаралық шарттар арқалық моделінің екі шетіне, яғни шеткі пластина бетінің түйіндеріне қажетті еркіндік дәрежелерін шектеу арқылы берілді. Арқалықтың екі шеті Y және Z осьтері бойынша бекітілді.

Қабырға мен сөрелердің материалы ретінде ГОСТ 380-2005 стандартына сәйкес келетін С245 маркалы болат таңдалды. Бұл болаттың ағымдық шегі σ_y = 245 Н/мм², серпімділік модулі Е = 206000 МПа, ал Пуассон коэффициенті 0,3-ке тең. Сығылу және созылу кезіндегі шекті салыстырмалы деформация 0,025 немесе 2,5% құрайды.

Кесте 1

Эксперименттік деректердің нәтижелері

Ең үлкен жүктеме Fэ,max, кН	Аралықтың ортасындағы иілу моменті Мэ, кН·м	Тіректердегі көлденең күш Qэ, кН	Иілу (мм)	
			$Y_т$	$Y_э$
150	157,5	75	8,04	13,28

Кесте 2

Торлық тәуелсіздік

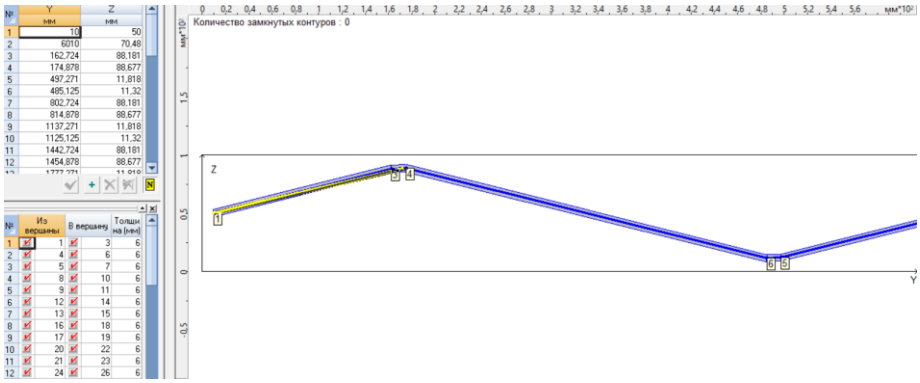
Тор №	i_x, дана	iy, дана	ε, мм	%
1	211	8	10,1	-
2	421	16	13,6	34,65
3	841	31	12,9	5,11
4	1681	61	12,8	0,78

№3 және №4 торлардың арасындағы айырмашылық 0,89% болғандықтан, есептеулерді 5×5 мм өлшемді пластиналармен жалғастырамыз.

Жазық қабырғасы бар арқалықтың өлшемдік сипаттамалары 1982 жылы Алматы қаласында ЦНИИПроектстальконструкция институты шығарған қолданбалы кранасты арқалықтар сериясынан алынған.

Одан әрі гофрленген қабырғалары бар кранасты арқалық үлгілері модельденіп, сандық есептеулер жүргізілді, олардың нәтижелері салыстырылып, геометриялық ерекшеліктері ескеріле отырып сипатталды.

Кейін осы 7-суретте бейнеленген координаттар SCAD Тонус есептік кешенінің постпроцессорына енгізіліп, геометриялық сипаттамалар анықталды.



Сурет 3. SCAD Тонус постпроцессорында 640×80×6/30 өлшемді гофрленген қабырға координаттарын енгізу

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жалпақ және гофрленген қалыңдығы 6, 8, 10 мм болатын қабырғаларды салыстырмалы талдау үшін негізгі параметрлер 3, 4, 5 кестелерде келтірілген.

Кесте 3

Қалыңдығы 6 мм гофрленген қабырғалардың негізгі көрсеткіштері мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіш атауы	Жалпақ қабырға	гофрленген қабырға								
		420x70x6/30	480x70x6/30	480x80x6/30	520x80x6/30	580x80x6/30	630x80x6/30	640x70x6/30	640x80x6/30	650x80x6/30
Көлденең қиманың ауданы, см²	360,00	378,00	374,14	378,21	375,75	372,83	371,93	368,08	370,63	370,97
Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы, мм	-	31,1	31,1	34,0	33,9	34,1	33,9	31,0	34,1	34,0
1 ж.м. қабырғаға болат шығыны, т	0,471	0,495	0,490	0,495	0,492	0,488	0,487	0,482	0,485	0,485

3-кестеде қалыңдығы 6 мм болатын жалпақ және гофрленген қабырғалар үшін негізгі техникалық көрсеткіштер мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы келтірілген. Көлденең қиманың ауданы бойынша ең үлкен мән – 378,21 см² (480x80x6/30), ал ең төменгі мән – 368,08 см² (640x70x6/30). Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы 31,0 мм-ден (640x70x6/30) 34,1 мм-ге дейін (580x80x6/30 және 640x80x6/30) өзгеріп отырады. 1 ж.м. қабырғаға болат шығыны ең аз – 0,482 т (640x70x6/30), ал ең көп – 0,495 т (420x70x6/30 және 480x80x6/30). Жоғарыда келтірілген барлық көрсеткіштерді ескере отырып, 640x80x6/30 гофрленген қабырғасы көлденең қиманың жеткілікті ауданы, оңтайлы эквивалентті қалыңдық және салыстырмалы түрде төмен болат шығыны бойынша ең тиімді нұсқа ретінде ұсынылады.

Кесте 4

Қалыңдығы 8 мм гофрленген қабырғалардың негізгі көрсеткіштері мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіш атауы	Жалпақ қабырға	гофрленген қабырға								
		420x70x6/30	480x70x6/30	480x80x6/30	520x80x6/30	580x80x6/30	630x80x6/30	640x70x6/30	640x80x6/30	650x80x6/30
Көлденең қиманың ауданы, см²	360,00	378,00	374,14	378,21	375,75	372,83	368,08	370,63	378,00	370,97
Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы, мм	-	31,1	31,1	34,0	33,9	34,1	31,0	34,1	31,1	34,0
1 ж.м. қабырғаға болат шығыны, т	0,471	0,495	0,490	0,495	0,492	0,488	0,482	0,485	0,495	0,485

4-кестеде қалыңдығы 8 мм болатын гофрленген қабырғалардың негізгі техникалық көрсеткіштері мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы ұсынылған. Көлденең қиманың ауданы бойынша ең үлкен мән – 378,21 см² (480x80x6/30), ал ең кіші мән – 368,08 см² (640x70x6/30). Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы 31,0 мм-ден (640x70x6/30) 34,1

мм-ге дейін (580х80х6/30 және 640х80х6/30) өзгереді. 1 ж.м. қабырғаға болат шығыны бойынша ең аз мән 0,482 т (640х70х6/30), ал ең жоғарысы – 0,495 т (420х70х6/30, 480х80х6/30, 650х80х6/30) болып тіркелді. Барлық көрсеткіштерді кешенді түрде бағалау нәтижесінде 640х80х6/30 гофрленген қабырғасы көлденең қимасының жеткілікті ауданы, болат шығынының тиімділігі және эквивалентті қалыңдығы бойынша ең оңтайлы нұсқа ретінде анықталды.

Кесте 5

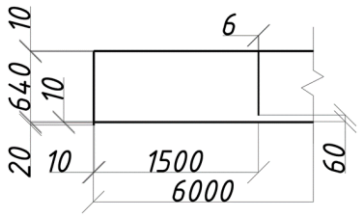
Қалыңдығы 10 мм гофрленген қабырғалардың негізгі көрсеткіштері мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіш атауы	Жалпақ қабырға	гофрленген қабырға								
		420х 70х6/ 30	480х 70х6/ 30	480х 80х6/ 30	520х 80х6/ 30	580х 80х6/ 30	630х 80х6/ 30	640х 70х6/ 30	640х 80х6/ 30	650х 80х6/ 30
Көлденең қиманың ауданы, см²	600,00	630,01	623,57	630,35	626,25	621,38	617,72	630,01	623,57	618,28
Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы, мм	10,0	37,0	37,0	40,4	40,4	40,5	40,6	37,0	37,0	40,5
1 ж.м. қабырғаға болат шығыны, т	0,785	0,824	0,816	0,825	0,819	0,813	0,808	0,824	0,816	0,809

5-кестеде қалыңдығы 10 мм болатын жалпақ және әртүрлі типтегі гофрленген қабырғалар үшін негізгі техникалық көрсеткіштер мен болат шығынының салыстырмалы сипаттамасы берілген. Көлденең қиманың ауданы бойынша ең үлкен мән – 630,35 см² (520х80х6/30), ал ең төменгі мән – 617,72 см² (640х70х6/30). Теңестірілген жалпақ қабырғаның қалыңдығы 37,0 мм-ден (420х70х6/30, 480х70х6/30, 640х80х6/30) 40,6 мм-ге дейін (640х70х6/30) өзгереді. 1 ж.м. қабырғаға болат шығыны бойынша ең аз мән – 0,808 т (640х70х6/30), ал ең жоғарысы – 0,825 т (520х80х6/30). Барлық көрсеткіштерді салыстыра отырып, көлденең қиманың жеткілікті ауданына, төмен эквивалентті қалыңдыққа және орташа болат шығынына ие 640х80х6/30 гофрленген қабырғасы ең тиімді нұсқа ретінде ұсынылады.

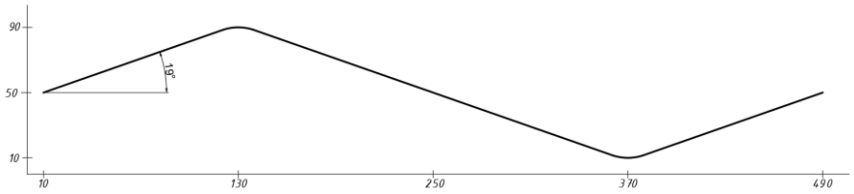
Алдыңғы зерттеулердің нәтижелері гофрленген қабырғаларды қолдану кранасты арқалықтардың беріктігі мен орнықтылығына айтарлықтай оң әсер ететінін көрсетті. Қабырғаның қалыңдығын азайту есебінен болатты үнемдеу 20%-ға дейін жетеді. 2019 жылы жүргізген теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижесінде Халықаралық білім беру корпорациясының зертханасы базасында 6, 8 және 10 мм қалыңдықтағы қабырғалар үшін гофрдің тиімді геометриялық параметрлері анықталды. 2019 жылғы зерттеудегі мәліметтеріне сәйкес [2], бұл параметр – 480×80 мм. Алайда, біздің зерттеуімізде алынған нәтижелер жүктеменің және кранасты арқалықтың жұмыс ерекшеліктеріне байланысты өзгеше болды.

Зерттеу барысында бір жалпақ қабырға және әртүрлі контурлық өлшемдері бар бес үшбұрышты гофрленген қабырға қарастырылды. Салыстыру жүргізу үшін эталон ретінде жалпақ қабырғасы бар арқалық таңдалып алынды. Бұл арқалықтың схемасы 4-суретте көрсетілген. Жалпақ қабырғалы арқалықтың өлшемдік сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.



Сурет 4. Жалпақ қабырғасы бар кранасты арқалықтың өлшемдері

Сонымен қатар, 6-суретте көрсетілген гофрленген қабырғаның шеткі нүктелерінің координаталары анықталды.

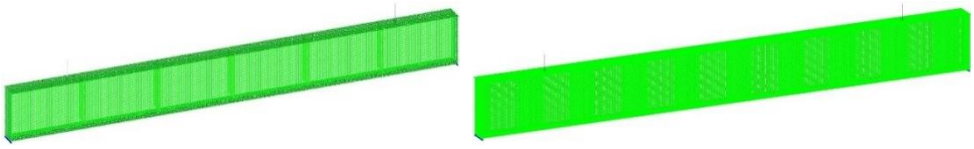


Сурет 5. Жалпақ қабырғасы бар кранасты арқалықтың өлшемдері

Зерттеу үшін 3 түрлі жүктеме мен 3 түрлі кранасты арқалық өлшемдері таңдалып, олардың деформациясы мен кернеулері талданды. Әр конструкцияға көпір кранының доңғалақтарынан түсетін статикалық жүктемелер берілді. Эксперименттік зерттеу үшбұрышты пішінді гофралары бар екі тіректі арқалықта жүргізілді.

Кранасты арқалық көпірлі кранның салмағынан туындайтын жүктемені қабылдайды. Зерттеу үшін жүккөтергіштігі 12,5 т, 32 т және 50/12,5 т болатын крандар таңдап алынды. Есептеулер кезінде кранасты құрылымдардың салмағы, кран дөңгелегіне түсетін ең үлкен күш, сондай-ақ күш ординаталарының қосындысы ескерілді.

Төменде 6-суретте көпірлі кран дөңгелегінен 9,5 т шамасындағы эксцентриситетсіз шоғырланған жүктеменің түсірілу сызбасы көрсетілген. Есептеу Лира-САПР 2022 бағдарламалық кешенінде жүргізілді.



а) б)

а) жалпақ қабырғасы бар кранасты арқалық ПБ-1; б) гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалық ПБ-2

Сурет 6. ЛИРА-САПР бағдарламалық кешенінде жасалған арқалық модельдері

Кран бір арқалықтың шегінде орналасқанда, ені 4,4 м, 5,1 м және 5,6 м болатын кран базалары үшін екі дөңгелектен түсетін жүктемелерді үлгілейміз.

Рельстерді ұзақ уақыт бойы мерзімді тексерусіз пайдалану салдарынан кей жағдайларда рельстердің ығысуы орын алады, соның нәтижесінде краннан түсетін жүктеме арқалыққа эксцентриситетпен беріледі. Есептеуде эксцентриситет мәні 20 мм деп қабылданады.

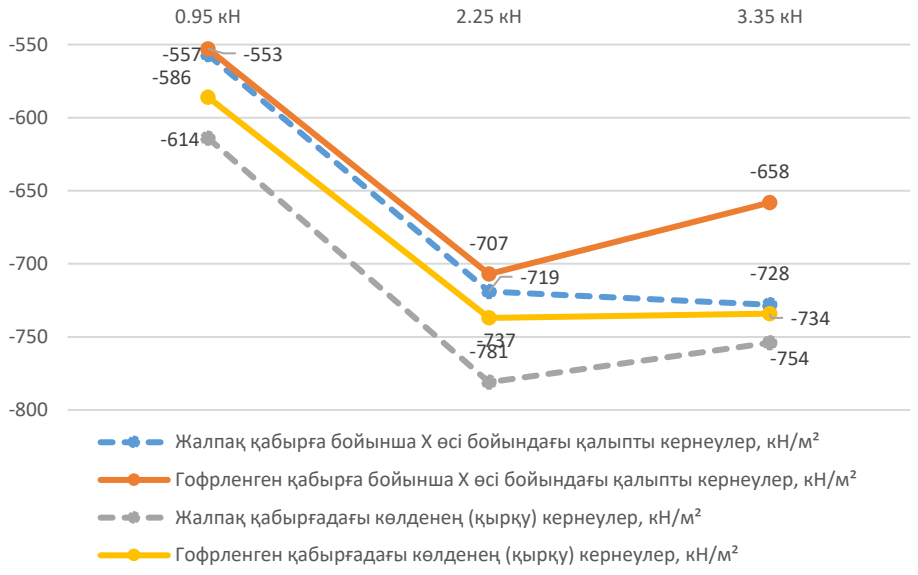
7-суретте кран арқалығының қабырғаларындағы кернеулердің әртүрлі жүктеме шамаларында (0,95 кН, 2,25 кН және 3,35 кН) қалай өзгеретіні көрсетілген. Графикте жалпақ және гофрленген қабырғалар үшін қалыпты (X өсі бойымен) және қырқу (көлденең) кернеулердің таралуы салыстырмалы түрде берілген.

Жалпақ қабырғадағы қалыпты кернеулер (көк сызық) және гофрленген қабырғадағы қалыпты кернеулер (қызғылт сары сызық) шамалары бір-біріне жақын, бірақ жүктеме артқанда гофрленген қабырғада кернеудің өсуі байқалады.

Қырқу кернеулері бойынша ең үлкен теріс мәндер жалпақ қабырғаларда байқалады (сұр сызық), бұл олардың қырқуға көбірек ұшырайтынын көрсетеді.

Ал гофрленген қабырғалардағы қырқу кернеулері (сары сызық) салыстырмалы түрде аз және тұрақты, бұл гофрдің геометриялық пішіні арқасында қырқу кернеулерін тиімді тарату мүмкіндігін көрсетеді.

Осы график негізінде гофрленген қабырға құрылымының жүктемеге төзімділігі жоғарырақ екені және оның қырқу кернеулерін азайтатындығы анық байқалады.



Сурет 7. Кран арқалығы қабырғаларындағы кернеулердің таралуы дөңгелектерден түсетін жүктемелер шамасына байланысты әртүрлі жағдайларда

8-суретте жалпақ және гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалықтардағы көлденең күштің таралуы жүктеме шамасына байланысты (0,95 кН, 2,25 кН және 3,35 кН) көрсетілген.

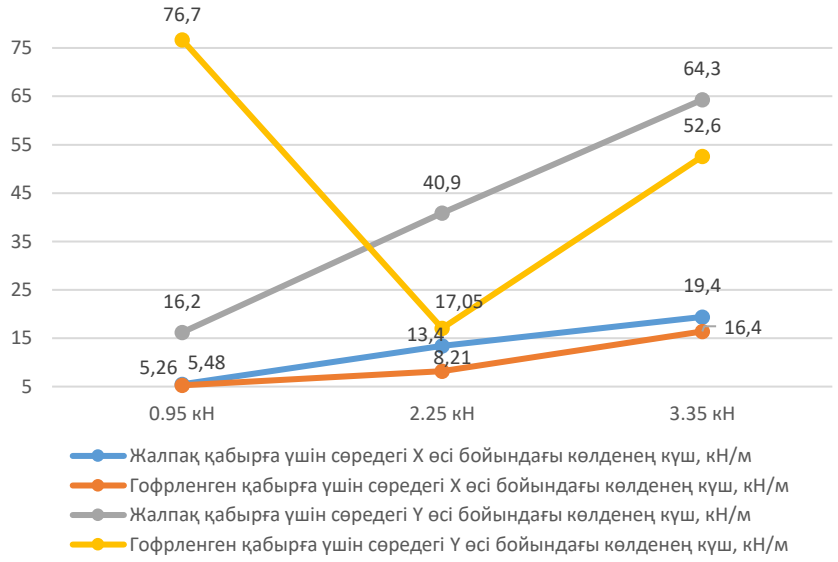
Графиктен келесі үрдістерді байқауға болады:

– Жалпақ қабырға үшін фланецтегі Y өсі бойындағы көлденең күш (сұр сызық) жүктеме артқан сайын айтарлықтай өсіп, 16,2 кН/м-ден 64,3 кН/м-ге дейін жетеді.

– Гофрленген қабырға үшін фланецтегі Y өсі бойындағы көлденең күш (сары сызық) бастапқыда өте жоғары (76,7 кН/м), бірақ 2,25 кН жүктемеде күрт төмендеп (17,05 кН/м), кейін қайтадан 52,6 кН/м-ге дейін көтеріледі.

– X өсі бойындағы көлденең күштер екі қабырға түрінде де төмен, салыстырмалы түрде бірқалыпты өседі: жалпақ қабырға үшін 5,26-тен 19,4 кН/м-ге дейін, ал гофрленген қабырға үшін 5,48-ден 16,4 кН/м-ге дейін.

Бұл мәліметтер гофрленген қабырға құрылымының көлденең күштерді қабылдау кезінде кейбір жағдайларда айтарлықтай артық жүктемеге ұшырауы мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар, X өсі бойындағы күштер екі нұсқада да төмен, бұл ось бойымен қырқуға әсер шамалы екенін аңғартады.



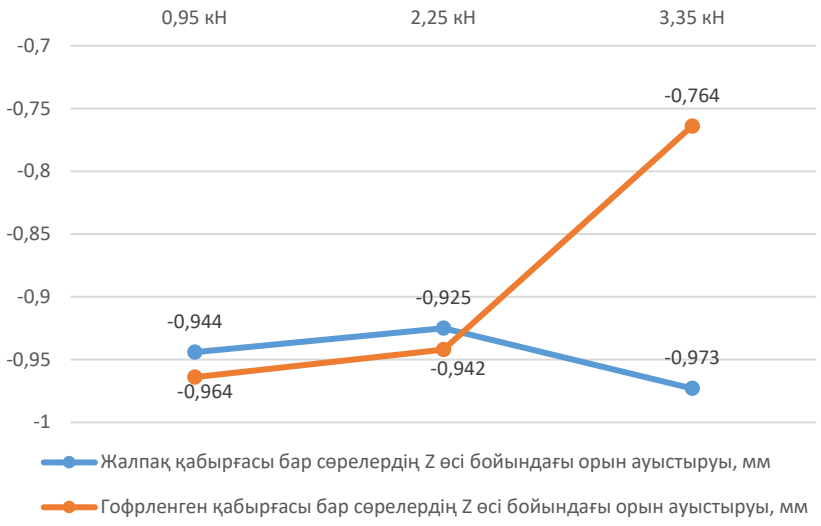
Сурет 8. Жалпақ және гофрленген қабырғасы бар Кранасты арқалықтардағы көлденең күштің таралуы

9-сурет жүктеме шамасына байланысты (0,95 кН, 2,25 кН және 3,35 кН) жалпақ және гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалықтардың сөрелерінің Z өсі бойындағы орын ауыстыруларының өзгеруін көрсетеді.

Жалпақ қабырға үшін орын ауыстырулар теріс мәнде сақталып, салыстырмалы түрде бірқалыпты өзгереді: бастапқыда – 0,944 мм, ең үлкен жүктемеде – 0,973 мм-ге дейін ұлғаяды.

Гофрленген қабырға үшін бастапқыда орын ауыстыру – 0,964 мм болса, жүктеменің ұлғаюымен бұл көрсеткіш күрт азайып, – 0,764 мм-ге дейін жақсарады.

Бұл нәтижелер гофрленген қабырғалар конструкциясының Z өсі бойымен деформацияға төзімдірек екенін және жүктемені тиімдірек қайта тарата алатынын дәлелдейді.



Сурет 9. Жалпақ және гофрленген қабырғасы бар кранасты арқалықтардағы көлденең күштің таралуы

Қорытынды. Бұл зерттеуде кранасты арқалықтардың жұмысын жақсарту мақсатында гофрленген қабырға қолданудың тиімділігі жан-жақты зерттелді. Қабырға және сөрелер үшін С245 маркалы болат таңдалып, сандық модельдеу және эксперименттік деректер негізінде геометриялық параметрлердің әсері талданды. Қалыңдығы 6, 8 және 10 мм болатын жалпақ және гофрленген қабырғаларға қатысты салыстырмалы сипаттамалар Кесте 3–5-те ұсынылды. Барлық жағдайда 640×80×6/30 өлшемді гофрленген қабырға көлденең қиманың ауданы, болат шығыны және эквивалентті қалыңдық тұрғысынан ең тиімді нұсқа ретінде анықталды.

Мақала нәтижелерін талдау арқылы мынадай қорытынды жасауға болады:

– Жалпақ және гофрленген қабырғалар үшін X өсі бойындағы қалыпты кернеулер ұқсас мәндерге ие болғанымен, гофрленген қабырғаларда жүктеме артқанда кернеулердің өсуі байқалады.

– Қырқу кернеулері (Y өсі бойымен) гофрленген қабырғада төменірек және бірқалыпты, бұл оның геометриялық құрылымының кернеуді тиімді тарата алатындығын көрсетеді.

– Жалпақ қабырғадағы қырқу кернеулері анағұрлым жоғары болып, конструкцияның әлсіз жері екенін айғақтайды.

– Y өсі бойынша жалпақ қабырғадағы көлденең күштер жүктеме ұлғайған сайын үнемі өсіп отырады (16,2-ден 64,3 кН/м-ге дейін), ал гофрленген қабырғаларда күрт өзгеру байқалады – бастапқыда өте жоғары күштер кейін едәуір төмендеп, соңында қайта өседі.

– Бұл гофрленген қабырғаның кейбір режимдерде күшті қарқынды сіңіру қабілетін және жүктемеге байланысты бейімделу қасиетін көрсетеді.

– Жалпақ қабырғасы бар үлгілерде орын ауыстыру тұрақты түрде өсіп, максималды мән – 0,973 мм-ге жетті.

– Ал гофрленген қабырғада бұл мән – 0,764 мм-ге дейін төмендеді, яғни жүктеме артқан сайын деформация едәуір азайды. Бұл жағдай гофрленген қабырғаның геометриялық қаттылығы арқасында орын алады.

Гофрленген қабырғаларды қолдану арқалықтың құрылымдық сипаттамаларын айтарлықтай жақсартады. Олар қалыпты және қырқу кернеулерін біркелкі таратып, болат шығынын төмендетеді және фланецтердің деформациясын азайтады. Бұл қасиеттер кранасты арқалықтардың сенімділігін арттырып, ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді.

Ең тиімді геометриялық шешім ретінде 640×80×6/30 параметріндегі гофрленген қабырға ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Wei G. et al. Mechanical Performance of Crane's Main Girders with Corrugated Webs //Proceedings of China Modern Logistics Engineering: Inheritance, Wisdom, Innovation and Cooperation. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. – P. 243-253.
2. Bryantsev A., Absimetov V. Laboratory tests of welded corrugated beams with perforations //Proceedings of EECE 2019: Energy, Environmental and Construction Engineering 1. – Springer International Publishing, 2020. – P. 55-66.
3. Bryantsev A., Okanov D. Replacement of the flat web of the crane runway beam with a corrugated web //Bull. Kazakh Lead. Acad. Archit. Constr. – 2024. – Vol. 91. – P. 133-150.
4. Bryantsev A.A. et al. The influence of various methods of reinforcing circular perforations on the deformability of a welded plate girder with a corrugated web //Mechanics Based Design of Structures and Machines. – 2024. – Vol. 52. – No. 5. – P. 2440-2450.
5. Li J., Yu J., Li Y. Crash test and numerical simulation of composite corrugated web beam //Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics/Nanjing Hangkong Hangtian Daxue Xuebao. – 2023. – Vol. 55. – No. 1.
6. Al-Mawashee H. S., Al-Kannoon M. A. A. Flexural strength of castellated beams with corrugated webs //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 1973. – No. 1. – P. 012213.
7. Hlal F., Al-Emrani M. Flange buckling in stainless-steel corrugated webs I-girders under pure bending: Numerical study //Journal of Constructional Steel Research. – 2023. – Vol. 208. – P. 108031.
8. Kettler M., Unterweger H., Ebner D. Local stresses in crane runway girders with longitudinal stiffeners-experimental and numerical analyses //STAHLBAU. – 2021. – Vol. 90. – No. 4. – P. 248-261.
9. Sebastiao L., Papangelis J. Elastic local shear buckling of beams with sinusoidal corrugated webs //Structures. – Elsevier, 2023. – Vol. 54. – P. 684-692.
10. Ibrahim S. A., El-Dakhakhni W. W., Elgaaly M. Behavior of bridge girders with corrugated webs under monotonic and cyclic loading //Engineering Structures. – 2006. – Vol. 28. – No. 14. – P. 1941-1955.
11. Kettler M., Jurschitsch T., Unterweger H. Impact of rail joints on the local stresses in crane runway girders //Structures. – Elsevier, 2023. – Vol. 52. – P. 1087-1100.
12. Yuan H. et al. Shear behaviour and design of bolted steel girders with trapezoidal corrugated webs //Journal of Constructional Steel Research. – 2024. – Vol. 216. – P. 108573.
13. Genshu T., Zejun X. Revisiting the bearing stresses in webs of crane runway girders under wheel loads //Advances in Structural Engineering. – 2018. – Vol. 21. – No. 12. – P. 1792-1801.
14. Ren T., Tong G. Bearing stress of crane runway girders under wheel loads //JOURNAL-ZHEJIANG UNIVERSITY ENGINEERING SCIENCE. – 2005. – Vol. 39. – No. 10. – P. 1582.
15. Bijak R., Kolodziej G., Siedlecka M. Lateral-torsional buckling resistance of crane runway girders //IOP conference series: materials science and engineering. – IOP Publishing, 2019. – Vol. 471. – No. 5. – P. 052076.

16. Zhao X., Yue Q., Xing K. Research on Fatigue Properties of Plug-Plate End of Crane Runway Girders Variable Section Abutment with Right Angle End-Plate // Journal of Building Structures. – 2020. – Vol. 41. – No. 8.

Материал редакцияға 05.04.25 түсті, 22.06.25 қабылданды.

Д.А. Оканов[1], А.А. Брянцев[1], С.Е. Ниетбай[1], Ж.Н. Молдамуратов[1]

[1]*Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Казахстан*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию возможности замены плоской стенки в подкрановых балках на гофрированную с целью повышения надежности и устойчивости сварных соединений. В ходе исследования проведен анализ напряжений в структуре двух типов очертаний стенок, выявлены особенности и преимущества гофрированных стенок. Статья предоставляет детальный обзор результатов анализа, демонстрируя, как гофрированная структура может эффективно заменить плоскую, увеличив прочностные, жесткостные свойства и характеристики по несущей способности и устойчивости, параллельно предотвращая отрыв сварных швов под воздействием нагрузок. Подробно рассматриваются причины выбора данного метода и его практическая применимость в промышленных условиях. В исследовании был проведен компьютерный эксперимент, включающий в себя расчеты с использованием постпроцессора Тонус ПК SCAD, а также ПК Лира-САПР 2022. Этапы проведения эксперимента включают в себя построение конечно-элементной модели балки, основанной на физическом эксперименте, расчеты геометрических характеристик различных очертаний стенки в постпроцессоре Тонус, моделирование трехмерных подкрановых балок с плоскими и гофрированными стенками, расчет и определение максимальных нормальных и касательных напряжений в стенке в ПК Лира-САПР 2022, сравнение результатов балок с плоскими и гофрированными стенками и интерпретацию результатов, и обоснование выводов на основе полученных данных. Авторы выделяют перспективы применения данного подхода в различных областях промышленности, подчеркивая его важность для обеспечения безопасности и долговечности конструкций подкрановых балок. Полученные результаты являются основой для дальнейших исследований и практического внедрения инновационных решений в проектирование и эксплуатацию промышленных сооружений.

Ключевые слова: подкрановая балка, плоская стенка, гофрированная стенка, статическая нагрузка, мостовой кран, поперечная сила, нормальные напряжения.

D.A. Okanov[1], A.A. Bryantsev[1], S.E. Niyetbay[1], Zh.N. Moldamuratov[1]

[1]*International educational corporation, Almaty, Kazakhstan*

MODELING AND STRESS ANALYSIS OF CRANE GIRDERS WITH CORRUGATED WEBS

Abstract. This article is devoted to the study of the possibility of replacing the flat web in crane girders with a corrugated one to increase the reliability and stability of welded joints. During the research, stress analysis was carried out on structures with two types of web contours, revealing the features and advantages of corrugated webs. The article provides a detailed overview of the analysis results, demonstrating how a corrugated structure can effectively replace a flat one by improving strength, stiffness,

load-bearing capacity, and stability, while simultaneously preventing weld detachment under load. The reasons for choosing this method and its practical applicability in industrial conditions are thoroughly examined. The study included a computer-based experiment involving calculations using the Tonus post-processor of the SCAD software package, as well as the LIRA-SAPR 2022 software. The stages of the experiment included the creation of a finite element model of the beam based on a physical experiment, calculations of geometric characteristics of various web shapes using the Tonus post-processor, 3D modeling of crane girders with flat and corrugated webs, computation and determination of maximum normal and shear stresses in the web using LIRA-SAPR 2022, comparison of results for beams with flat and corrugated webs, interpretation of the results, and justification of conclusions based on the obtained data. The authors highlight the potential applications of this approach in various industrial sectors, emphasizing its importance for ensuring the safety and durability of crane girder structures. The results obtained serve as a foundation for further research and the practical implementation of innovative solutions in the design and operation of industrial structures.

Keywords: crane girder, flat web, corrugated web, static load, overhead crane, transverse force, normal stresses.

МРНТИ 67.29.55: 70.17.43

С.К. Джолдасов[1] – *основной автор,*
М.Н. Сенников[2], Б.Ж. Манапбаев[3], С.Ж. Таттибаев[4],
Б.О. Турлыбаева[5], М.М. Асылбек[6], Е.Ш. Сейдуллаев[7]

[1]Канд. техн. наук, доцент, [2]Д-р техн. наук, профессор,
[3]Канд. техн. наук, ассоц. профессор, [4]Магистр, ст. преподаватель,
[5,6,7]Докторант

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0002-3947-1411 [2]https://orcid.org/0000-0003-4944-2128
[3]https://orcid.org/0000-0001-9140-178X [4]https://orcid.org/0000-0003-2687-0189
[5]https://orcid.org/0009-0009-9421-2568 [6]https://orcid.org/0009-0008-6063-6429
[7]https://orcid.org/0009-0001-9782-0368

[1,2,3,4,5,6,7]Казахский Национальный университет водного хозяйства и ирригации,
г. Тараз, Казахстан

[1]arnur_68@mail.ru

https://doi.org/10.55956/SAYQ8289

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Аннотация. В научной работе приводятся решения задачи устойчивости грунтовых откосов земляных сооружений и методы борьбы с размывами откосов плотин водохранилищ. При решении задачи об устойчивости грунтовых откосов появляется необходимость расчета устойчивости по заранее установленной плоской поверхности скольжения (плотина с тонким глинистым экраном или к примеру при наличии прослойки слабого грунта в основании сооружения). Для этого случая имеются свои инженерные приемы. Земляные сооружения откосного профиля являются наиболее распространенными в гидротехническом строительстве и широко применяются для создания напорных фронтов и защиты от размыва волнами берегов водохранилищ. В современной технической литературе земляные сооружения в зависимости от уклонов и конструкций их откосов подразделяют на сооружения распластанного и нормального профиля. Это могут быть глухие напорные земляные плотины, водоградительные защитные дамбы, берегозащитные сооружения откосного профиля.

Ключевые слова: земляные сооружения, устойчивость откосов, откосный профиль, защита от размыва, земляные плотины, защитные дамбы, берегозащитные сооружения.

Джолдасов, С.К. Специфические подходы сохранения устойчивости земляных сооружений на водохранилищах [Текст] / С.К. Джолдасов, М.Н. Сенников, Б.Ж. Манапбаев, С.Ж. Таттибаев, Б.О. Турлыбаева, М.М. Асылбек, Е.Ш. Сейдуллаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.351-361. https://doi.org/10.55956/SAYQ8289

Введение. Устойчивость откосов земляных масс остается до сих пор наименее изученной и наиболее ответственной частью проектирования грунтовых гидротехнических сооружений. Первый значительный шаг в этом

направлений был сделан Кулоном, который, исследуя работу подпорных стенок, установил, что поверхностью обрушения в песках является плоскость и, исходя из этого положения, разработал метод расчета давления грунтов на подпорную стенку. В 1916 году шведские инженеры Петерсен и Гюлтин, исследуя работу морских набережных, обнаружили, что поверхности их обрушения в глинистом грунте криволинейны и могут быть приблизительно приняты цилиндрическими. В поперечном сечении эта поверхность дает примерно дугу круга. С этого времени началась усиленная разработка метода круглоцилиндрических поверхностей обрушения.

Этот метод во всех своих многочисленных вариантах является приближенным инженерным приемом оценки устойчивости откосов. Главное условие в основе метода – необходимость удовлетворить три условия статики для предполагаемого к обрушению массива, но количесвто неизвестных обычно больше трех и в зависимости от принимаемых допущений можно получить необыкновенно широкий ряд методов, которые в настоящее время известны.

Предпринимались попытки отказаться от круглоцилиндрической поверхности, заменив ее логарифмической спиралью или какой-либо другой плавной криволинейной поверхностью, но во всех этих случаях основное противоречие, когда количество неизвестных превышает количество уравнений, сохранялось, а расчеты усложнялись и создавались новые трудности теоретического характера.

Условия и методы исследований. На основании сказанного постепенно в проектной практике остановились на предположении о круглоцилиндрической поверхности обрушения с довольно простыми допущениями, выдвинутыми К. Терцаги, тем более, что большое количество сделанных сопоставительных разработок по различным методам в различных странах показали, что для большинства встречающихся объектов различие в результатах расчетов меньше точности определения исходных характеристик.

Иногда при решении задачи об устойчивости грунтовых откосов появляется необходимость расчета устойчивости по заранее установленной плоской поверхности скольжения (плотина с тонким глинистым экраном или к примеру при наличии прослойки слабого грунта в основании сооружения). Для этого случая имеются свои инженерные приемы.

Земляные сооружения откосного профиля являются наиболее распространенными в гидротехническом строительстве и широко применяются для создания напорных фронтов и защиты от размыва волнами берегов водохранилищ.

Результаты исследований и их обсуждение. В современной технической литературе земляные сооружения в зависимости от уклонов и конструкций их откосов подразделяют на сооружения распластанного и нормального профиля. Это могут быть глухие напорные земляные плотины, водоградительные защитные дамбы, берегозащитные сооружения откосного профиля (рис. 1).

Сооружения распластанного профиля возводятся с верховым пляжным (пологим) и низовым крутым откосами (рис. 1а), или с верховым откосом комбинированной конструкции и низовым пологим откосом (рис. 1б). Выбор профиля и конструкции сооружения производится на основании технико-экономических расчетов [1].

Экономически выгодно для защиты от затопления мелководных участков применять сооружения с пологим откосом, для защиты глубоководных участков – сооружения с комбинированными или крутыми верховыми откосами.

В зависимости от характера и вида гидродинамических воздействий пологим откосам придают соответствующие уклоны и форму, обеспечивающие устойчивость и прочность в период эксплуатации. Мысовидные участки пологих берегов, подвергаеыме наиболее интенсивным волновым воздействиям, защищаются дополнительными волногасящими устройствами – прерывистыми подводными одно- или двухъярусными волноломами, бунами, струенаправляющими шпорами.

Крутые откосы защищаются от воздействии волн, фильтрационных потоков и прочих воздействии сплошным покрытием железобетонными плитами, наброской горной массы, биологическими способами и прочими.

Верхняя крутая часть комбинированного верхового откоса защищается от воздействий сплошным покрытием (рис. 1б), нижняя пологая незащищенная часть представляет собой песчаный примыв.

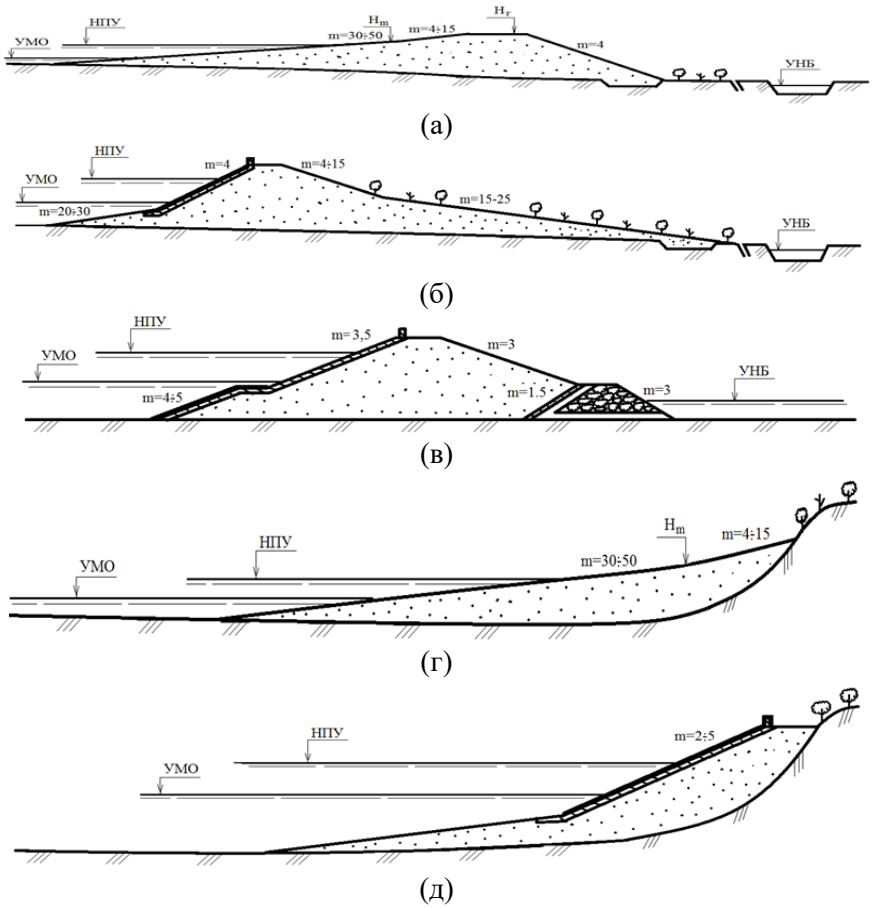


Рис. 1. Плотины распластанного (а, б) и нормального (в) профилей; берегозащитное крепление откосного профиля (г, д)

Земляные сооружения Кременчугской, Киевской ГЭС и Тасоткольского, Терс-Ащыбулакского водохранилищ возведены с верховыми откосами комбинированной конструкции.

Низовые откосы устраиваются со свободным высачиванием фильтрующейся воды в пределах откоса или дренированными карьером-дреной, дренажом.

Конструкции волногасящих и дренажных устройств и противоэрозионные мероприятия, защищающие откосы от волновых, фильтрационных и атмосферных воздействий, подробно рассмотрены [1].

Расчетные характеристики ветра и уровня воды.

Ветры являются одной из причин возникновения в водохранилищах ветрового волнения, они вызывают интенсивную переработку берегевой полосы, вдольбереговое перемещение массы грунта на незащищенных участках откосов и другие явления.

Определение расчетных характеристик ветра для сооружений на водохранилищах с многолетним и сезонным регулированием объемов и уровней воды производится с требованиями [2]

В водоемах с суточным регулированием объемов и уровней воды появление волноопасных ситуаций снижается, расчетные характеристики ветров можно принимать более высокой обеспеченности, например по зависимости, учитывающий суточный режим работы водоема:

$$F_{пр} = F_n k_t k_p k_Г , \quad (1)$$

где, F_n – обеспеченность, % скорости ветра, определяемая по [2] для водохранилищ с многолетним и сезонным колебаниями уровней воды;

$$F_n = 4{,}17t / Nn_t p_W ; \quad (2)$$

где: t – непрерывная продолжительность действия ветра; при отсутствии наблюдений принимается для водоемов и озер по [2], t=час; n_t – заданное число лет повторяемости расчетного шторма (для сооружений I, II классов 1 раз в 50 лет, III и IV – 1 раз в 25 лет); p_W – повторяемость волноопасного направления ветра (в долях единицы от суммы повторяемости всех направлений ветра); N – число дней, наблюдаемых с ветрами в безледный период или по данным [2] за многолетние периоды 100,50, 25 лет; k_t – относительный показатель стояния НПУ по графикам суточного колебания уровня воды водоема.

$$k_t = 24 / t_{НПУ} \quad (3)$$

k_p – показатель, учитывающий относительное уменьшение нормативной или наблюденной непрерывной продолжительности действий ветра расчетной скорости на волноопасном направлении вследсвтие несовпадения суточной режимной функции ветра с суточным режимым графиком стояния НПУ.

$$k_p = 1/(1 - \Sigma\Delta p) \tag{4}$$

где $\Sigma\Delta p$ – сумма отрезков несовпадения по обеспеченности (в долях единицы) суточной режимной функции ветра расчетной скорости с суточным графиком стояния НПУ; $k_Г$ – коэффициент гарантийного предотвращения волноопасной ситуации при наличии автоматизированной или индивидуальной системы регулирования уровней воды, работающей с учетом суточной режимной функции ветра.

Обеспеченность расчетных уровней воды при проектировании откосных водоградительных сооружений принимается по [2] в зависимости от класса, вида и конструкции откоса. Для сооружений I, II, IV классов с крутыми откосами (m=2,0-5,0) расчетный уровень воды принимается соответственно равным 0,1; 0,5; 1% обеспеченности, для сооружений IV класса с пологим откосом – 1% обеспеченности. Обеспеченность расчетных уровней воды,%, по наивысшим годовым уровням [3]

$$F = \frac{n-3}{N+0{,}4}100\% \tag{5}$$

где, n, N – номер члена ряда в порядке убывания и общее число членов в ряду.

При сильных ветрах, действующих в направлении откоса сооружения, уровень воды у сооружения повышается на высоту;

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{W^2 D}{gH} \cos\theta \tag{6}$$

где; Δh – нагон волны, м; W – скорость ветра, м/с; D – расстояние от наветреннего берега по зеркалу водохранилища до сооружения, м; H – глубина воды по расчетному направлению, м; θ – угол между продольной осью водохранилища и направлением ветра, градус.

Ветровой нагон существенно влияет на высоту сооружения [3-9].

Интенсивность перемещения частиц грунта незащищенных участков откосов и гребня плотины зависит от скорости, направления и продолжительности действия ветров, размеров частиц грунта, защищенности участка растительностью, искусственными средствами. Опыт эксплуатации и натурные наблюдения показывают, что с созданием водохранилищ ветровой режим в данном регионе изменяется, действие ветров в направлении из водохранилища на сушу усиливается. Возведенные насыпью или намывом земляные сооружения, оставленные незащищенными, подвержены ветровой эрозии. Предотвратить эрозию можно применением простейших агрокультурных или агротехнических мероприятий.

Ниже в таблице 1 приводятся основные параметры удара волн об откос земляных сооружений.

Таблца 1

Основные параметры удара волн об откос земляных сооружений

M	h_i, м	H_{Bi}, м	l_{Bi}, м	l_{Di}, м	l_{Ki}, м	q_B, кПа	q_K, кПа	q_D, кПа
2	1	0,099	0,22	0,50	0,29	28,9	24,6	21,6
	2	0,295	0,66	1,02	0,60	57,3	49,3	42,9
	3	0,580	1,29	1,56	0,88	82,7	70,3	60,4
	4	0,842	1,88	2,09	1,15	104,9	88,6	75,5
3	1	0,17	0,55	0,46	0,31	29,8	25,3	23,0
	2	0,43	1,36	0,95	0,64	58,8	49,8	45,2
	3	0,76	2,40	1,44	0,96	82,4	69,6	62,6
	4	1,07	3,40	1,93	1,26	103,1	86,6	77,1
3,5	1	0,22	0,80	0,44	0,31	29,6	25,2	23,1
	2	0,52	1,90	0,90	0,62	58,1	49,7	45,6
	3	0,87	3,20	1,37	0,97	80,4	68,2	62,2
	4	1,23	4,50	1,64	1,25	99,5	84,0	75,8
4	1	0,26	1,10	0,41	0,30	29,5	25,4	23,7
	2	0,59	2,43	0,84	0,59	57,5	49,7	45,8
	3	0,99	4,10	1,29	0,89	79,2	68,0	62,5
	4	1,40	5,70	1,73	1,20	96,7	82,4	75,3
5	1	0,32	1,66	0,36	0,26	29,4	26,1	24,5
	2	0,72	3,67	0,73	0,53	55,8	49,3	46,4
	3	1,17	5,98	1,12	0,80	75,0	65,7	62,5
	4	1,62	8,26	1,50	1,07	88,6	76,8	71,9

где: m – коэффициент откоса; h_i – высота волн; H_{Bi} – слой воды стекающего потока после разрушения предыдущей волны; l_{Bi}, l_{Di}, l_{Ki} – задаваемые расстояния от точек B, K, D до точек i с давлениями q_B, q_K, q_D.

Биологические способы защиты сухих откосов от атмосферных воздействий и ветровой эрозии один из насущных проблем действующих плотин водохранилищ. На строительстве многих плотин уделяется большое внимание защите необводненных сухих участков песчаных откосов. Общая площадь пляжных пологих откосов, подлежащих защите от атмосферных воздействий, иногда составляет до 6000 га.

Однако из-за отсутствия карьеров гумусированного грунта, значительного удаления карьеров от защищаемых откосов, недостаточного количества посевного и посадочного материала на некоторых участках сооружений биологическая защита выполнялась без соблюдения агротехнических правил. Как правило, такие участки в период временной эксплуатации до создания полноценной защиты были наиболее подвержены воздействию ветров, происходили перемещение мелких частиц песка за пределы участков, и как следствие, значительные изменения профиля пологих участков, сооружения.

Борьба с ветровой эрозией сухих песчаных откосов наиболее эффективна и экономична путем посева трав, посадок кустарника и деревьев. При разработке и осуществлении этих защитных мероприятий рекомендуется учитывать следующие агротехнические условия:

– для нормального развития травяного покрова толщина гумусированного корнеобитаемого слоя на откосе должна быть не менее 0,2 м;

– эоловые процессы наиболее активно проявляют себя на площадях, лишенных биологической защиты;

– с увеличением густоты биологической защиты ветровая эрозия уменьшается. Когда посадка травы составляет 100% и кустарника 50% защищаемой площади, эрозия прекращается и происходит накопление песка, переносимого ветром;

– увеличение густоты кустарниковой посадки и травяного покрова повышает эффективность биологической защиты.

Для эффективной биологической защиты, как показывает опыт строительства и эксплуатации земляных плотин водохранилищ, необходимы создание гумусированного корнеобитаемого слоя требуемой мощности, выбор районированных культур трав, кустарников и деревьев, соблюдение агротехнических правил по высеву, выращиванию и уходу за культурами в период эксплуатации. Посев травосмеси на пологих или крутых откосах рекомендуется производить по сплошь нанесенному и перемешанному с песком растительному слою. Толщина наносимого растительного слоя гумусированного грунта зависит от его механического состава: при содержании частиц в грунте мельче 0,01 мм около 40% толщина слоя принимается равной 10 см, при содержании частиц менее 0,01 мм 20% толщина слоя принимается равной 20 см. Для образования корнеобитаемого слоя наносимый слой растительного грунта перемешивается с песком откоса на глубину 40 см. Перемешивание производится двухкратной отвальной вспашкой на глубину 20-30 см с обязательным рыхлением почвоуглубителем до 40-45 см и с последующей обработкой площади откоса дискованием и разравниванием боронами.

Не рекомендуется допускать большого разрыва во времени между нанесением растительного слоя и его перемешиванием, так как это может вызвать размыв талыми или ливневыми водами.

Как показал опыт эксплуатации, биологическая защита, выполненная в соответствии с принятыми агротехническими правилами, надежно защищает песчаные откосы от ветровой эрозии.

В ряде случаев причиной размыва откосов ливневыми водами явилось неудачное конструктивное решение. Так, проезжая часть автодороги на гребне плотины одной из Днепровых ГЭС, покрытая асфальтобетоном, выполнена двухскатной на участке длиной около 18 км. Вследствие этого бровка низового откоса и откос в пределах заложения 1:4 размываются ливневыми и талыми водами. Размывы бровки во многих местах достигают покрытия дороги и угрожают ее разрушению. Постоянные ежегодные ремонты откоса обходятся дорого, а для устройства ливнеотводной сети вдоль бровки низового откоса требуются значительные дополнительные затраты.

Откосы плотин имеют большую длину и культурно-хозяйственному использованию их, особенно пляжных и пологих, целесообразно уделять особое внимание. Так, намытые и благоустроенные пляжи являются местами массового отдыха трудящихся. Некоторые участки намывных дамб с широкими гребнями, пологий низовой откос плотины используются под фруктовые сады и огороды коллективов работников этих ГЭС и плотин. Возможно, в будущем пляжные и пологие откосы могут более эффективно использоваться для нужд народного хозяйства.

Заключение. Нами рекомендуется биологические и инженерно-биологические способы защиты пологих (М 1:40-1:100) берегов, пляжных (пологих откосов) с интенсивностью размыва не более 0,2-0,3 м/год. Это могут быть волноломные насаждения из кустарников и полуводных растений

на откосах дамб распластанного профиля и абардируемых берегах, смешанные вербово-тростниковые защитные культуры, тростниковые и цицаниевые биофильтры в мелководных заливах, фронтльные временные и постоянные живые стенки, заборщики и плетни, вербовые, щебнево-вербовые и каменно-вербовые сооружения в виде траверсов и бун; каменно-вербовые рефракторы. Главными видами растений этого вида защиты откосов сооружений и берегов являются: ива белая (верба), ива миндальная, ива корзиночная; тростник обыкновенный, камыш озерный, циниия широколистная (рис. дальневосточный). На участках кратковременного неглубокого затопления могут применяться: аморфа, лох узколистный, облепиха, тополь черный (осокорь), щелковица, ясень зеленый.

Биологическая защита устраивается двухъярусный: камышево-тростниковой на глубинах 1,0-2,0 м при НПУ и ивово-кустарниковой на глубинах 0,2 м и выше НПУ по откосу. При интенсивном волнени (0,8-1,5м) биозащиту дополняют начиная с глубин 0,6-0,7 м при НПУ защитными стенками, заборщиками или плетнями из живых кольев или прутьев ив, а также плетнями-траверсами и бунами. Эти конструкции обеспечивают стабильность подводного откоса в первые годы жизни молодых культур и улучшают условия их разрастания и закрепления в данном грунте. При создании двухъярусной биозащиты из полуводных культур тростника и камыша корневищный грунт, взятый экскаватором из естественной заросли, укладывается и засыпается в неглубокие траншеии. Фронтальные стенки и траверсы устраиваются путем плотной установки живых кольев к стенкам траншеи и с последующей засыпкой грунтом.

Каменно-вербовые и щебнево-вербовые буны и рефакторы рекомендуется применять при защите участков откосов при воздействии волн высотой 1,2-1,5 м. Эти конструкции распологаются нормально к береговой линии, голова располагается на глубине 0,8-1,0 м при НПУ, а начало выводится на 0,5-0,8 м выше НПУ. Концы кольев выводятся на 0,4-0,5 м выше НПУ. Расстояние между бунами принимается 1,3-1,7 их длины.

Рефракторы с размерами в поперечние 1,5-2,0 м размещаются вдоль берега в шахматном порядке. Пространство между бунами засаживается ивовыми и тростниковыми культурами.

В случае периодического волнового воздействия, например в паводок, полоса кустарника и деревьев так же может погасить волну перед откосным водоограждающим сооружением. Специально выполненные исследования и практические эксперименты позволили разработать способ назначения оптимальной ширины и густоты волногасящей полосы кустарника с помощью графиков на рисунке 2.

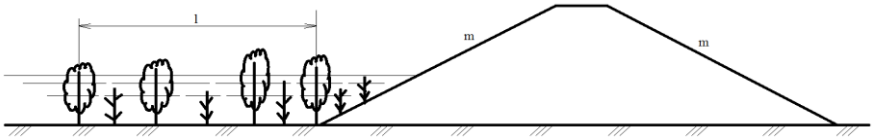


Рис. 2. Волногасящие полосы посадок деревьев и кустарника

Полосы биологической защиты откосов и отмелых берегов рассматриваются не только как способ гашения энергии волн, но и как

создание условий для проживания плавающей птицы, биоочистки воды, озеленения и украшения местных ландшафтов.

Список литературы

1. Доценко, Т.П. Плотины и дамбы распластанного профиля [Текст] / Т.П. Доценко, В.Ф. Канарский. – М.: Энергия, 1975. – 113 с.
2. СН РК 3.04-01-2023. Гидротехнические сооружения [Текст]. – Введ. 9.06.2023. – РК, 2023.
3. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов) [Текст]. – Л: ВНИИГ, 1977 (2012). – 317 с.
4. Жигитбаева, Б.Е. Воздействие ветровых волн на естественные береговые склоны открытых водоемов [Текст] / Б.Е. Жигитбаева, Н.Т. Туменбаева // Материалы VI-Международной научно-практической конференции «Европа и тюркский мир: наука, техника и технология». – г. Бурса (Турция), 2021. – С. 344-349.
5. Ержанова, Н.К. Об обосновании потенциальной опасности устойчивости плотины Тасоткельского водохранилища [Текст] / Н.К. Ержанова, М.Н. Сенников // Материалы Международной научно-практической конференции «Уркимбаевские чтения – 4», Том I. – Тараз, 2021. – С. 141-146.
6. Койбаков, С.М. О влиянии ветрового волнения на естественные прибрежные гряды [Текст] / С.М. Койбаков, Б.Е. Жигитбаева // Материалы Международной научно-практической конференции «Уркимбаевские чтения – 4», Том I. – Тараз, 2021. – С. 180-184.
7. Ибраев, Т.Т. Исследование устойчивости и прочности откосов земляных сооружений [Текст] / Т.Т. Ибраев, Б. Нуржанулы, Б. Турлыбаева // Материалы 2-й Международной научной конференции «Основы и тенденции современного обучения». – г. Берлин, Германия, 2023. – С. 30-34.
8. Тургынбаева, Б.О. Контроль и оценка технического состояния плотин [Текст] / Б.О. Тургынбаева, К.Т. Султанаев // Журнал «Наука и образование: Новое время». – 2024. – № 4. – С. 63-67.
9. Kalashnikov A.A. et al. Regulation of hydrocyclone parameters to improve the quality of water purification on drip irrigation systems //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – Vol. 21. – No. 4. – P. 787-799.

Данные, представленные в статье, получены в результате исследований, проведенных в рамках финансируемого проекта «BR24992867-Разработка ресурсосберегающих технологий, создание инновационного инжинирингового центра для развития и управления водохозяйственной и перерабатывающей промышленностью Казахстана».

Материал поступил в редакцию 31.05.25, принят 30.06.25.

С.К. Джолдасов[1], М.Н. Сенников[1], Б.Ж. Манапбаев[1], С.Ж. Таттибаев[1], Б.О. Турлыбаева[1], М.М. Асылбек[1], Е.Ш. Сейдуллаев[1]

[1]Қазақ Ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз қ., Қазақстан

СУ ҚОЙМАЛАРЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ТАБАНДЫ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН САҚТАУДЫҢ АРНАЙЫ ТӘСІЛДЕРІ

Аңдатпа. Ғылыми жұмыста құрылымдардың топырақ беткейлерінің тұрақтылығы мәселесінің шешімдері және су қоймалары бөгеттерінің беткейлерінің

шайылуына қарсы күрес әдістері келтірілген. Топырақ беткейлерінің тұрақтылығы туралы мәселені шешкен кезде алдын-ала орнатылған тегіс сырғанау бетіндегі тұрақтылықты есептеу қажет болады (жұқа сазды экраны бар бөгет немесе мысалы, құрылымның түбінде әлсіз топырақ қабаты болған кезде). Бұл жағдайлар үшін арнайы инженерлік әдістер бар. Көлбеу кескінді топырақ табанды гидротехникалық құрылымда ең көп таралған және қысым фронттарын құру және су қоймаларының жағалауларын толқындармен шайып кетуден қорғау үшін кеңінен қолданылады. Қазіргі техникалық әдебиеттерде жер жұмыстары көлбеу және олардың беткейлерінің конструкцияларына байланысты жалпақ және қалыпты кескінді құрылымдарға бөлінеді. Бұл қысымды жер бөгеттері, су өткізбейтін қорғаныс бөгеттері, көлбеу кескінді жағалау құрылымдары болуы мүмкін.

Тірек сөздер: топырақ құрылымдар, жақтауы орнықтылығы, жақтау кескіні, шайылудан қорғау, топырақ бөгеттер, қорғаныс бөгетшелері, жағаларды қорғау құрылымдары.

S.K. Joldassov[1], M.N. Sennikov[1], B.J. Manapbayev[1], S.J. Tattybaev[1], B.O. Turlybayeva[1], M.M. Asylbek[1], E.S. Seydullaev[1]

[1]Kazakh National University of Water Management and Irrigation
Taraz, Kazakhstan

SPECIFIC APPROACHES TO MAINTAINING THE STABILITY OF EARTH STRUCTURES AT RESERVOIRS

Abstract. The scientific work provides solutions to the problem of stability of soil slopes of earth structures and methods of combating erosion of dam slopes of reservoirs. When solving the problem of stability of soil slopes, it becomes necessary to calculate stability based on a pre-established flat sliding surface (a dam with a thin clay shield or, for example, if there is a layer of weak soil at the base of the structure). There are engineering techniques for this case. Sloping-profile earthworks are the most common in hydraulic engineering and are widely used to create pressure fronts and protect reservoir shores from erosion by waves. In modern technical literature, earthworks, depending on the slopes and structures of their slopes, are divided into structures of a flattened and normal profile. These can be blind pressure earthen dams, water-sealing protective dams, coastal protection structures of a sloping profile.

Keywords: earthworks, slope stability, slope profile, erosion protection, earth dams, protective dams, coastal protection structures.

References

1. Dotsenko, T.P., Kanarskiy, V.F. Plotiny i damby rasplastannogo profilya [Dams and levees of a flattened profile]. – Moscow: Energy, 1975. – 113 p. [in Russian].
2. SN RK 3.04-01-2023. Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya [Hydraulic structures]. – Introduced. 9.06.2023. – RK, 2023. [in Russian].
3. Rukovodstvo po opredeleniyu nagruzok i vozdeystviy na gidrotekhnicheskiye sooruzheniya (volnovykh, ledovykh i ot sudov) [Guidelines for determining loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships)]. – L: VNIIG, 1977 (2012). – 317 p. [in Russian].
4. Zhigitbayeva B.Ye., Tumenbayeva N.T. Vozdeystviye vetrovykh voln na yestestvennyye beregovyye sklony otkrytykh vodoyemov [The impact of wind waves on natural coastal slopes of open water bodies] // Proceedings of the VI-International Scientific and Practical Conference “Yevropa i tyurkskiy mir: nauka,

tekhnika i tekhnologiya” [Europe and the Turkic World: Science, Technology and Engineering]. – Bursa (Turkey), 2021. – P. 344-349. [in Russian].

5. Yerzhanova N.K., Sennikov M.N. Ob obosnovanii potentsial'noy opasnosti ustoychivosti plotiny Tasotkel'skogo vodokhranilishcha [On the substantiation of the potential danger to the stability of the Tasotkel Reservoir dam] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Urkimbayevskiye chteniya – 4” [Urkimbaev Readings - 4], Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 141-146. [in Russian].
6. Koybakov S.M., Zhigitbayeva B.Ye. O vliyanii vetrovogo volneniya na yestestvennyye pribrezhnyye gryady [On the influence of wind waves on natural coastal ridges] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Urkimbayevskiye chteniya – 4” [Urkimbaev Readings - 4], Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 180-184. [in Russian].
7. Ibrayev T.T., Nurzhanuly B., Turlybayeva B. Issledovaniye ustoychivosti i prochnosti otkosov zemlyanykh sooruzheniy [Study of stability and strength of slopes of earthen structures] // Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Osnovy i tendentsii sovremennogo obucheniya” [Fundamentals and Trends of Modern Education]. – Berlin, Germany, 2023. – P. 30-34. [in Russian].
8. Turgynbayeva B.O., Sultanayev K.T. Kontrol' i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya plotin [Monitoring and assessment of the technical condition of dams] // Zhurnal «Nauka i obrazovaniye: Novoye vremya» Journal "Science and Education: New Time". – 2024. – No. 4. – P. 63-67. [in Russian].
9. Kalashnikov A.A. et al. Regulation of hydrocyclone parameters to improve the quality of water purification on drip irrigation systems //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – Vol. 21. – No. 4. – P. 787-799.

ҒТАМР 67.09.45

С.К. Нурпеисов[1] – *негізгі автор*,
А.К. Медетов[2], Н.Т. Карабаев[3],
А.Б. Турмаханбетова[4], Б.А. Карымсаков[5]

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

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0005-6780-0533 [2]https://orcid.org/0000-0002-5814-9874*
[3]https://orcid.org/0000-0001-6382-6617 [4]https://orcid.org/0009-0008-6416-238X
[5]https://orcid.org/0000-0002-9617-3066

[1,2,3,4,5]Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,
Тараз қ., Қазақстан

[3]knurlan68@mail.ru

https://doi.org/10.55956/ZAOM5200

ТЕРМОРЕАКТИВТІ ШАЙЫРЛАР НЕГІЗІНДЕГІ ПОЛИМЕРМИНЕРАЛДЫ КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ КЕЙБІР ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа. Полиэфир және эпоксидті шайырларға негізделген полимерминералды композициялардың құрамы ұсынылған, оңтайлы толтырғыштар ретінде домна және түйіршіктелген фосфор шлактары қолданылады. Полимерлі композициялық материалдардың оңтайлы құрамы мен қасиеттері алынды. Толтырғыштардың химиялық құрамының беріктік көрсеткіштері мен композицияларды қату режимдеріне әсері анықталды. Алынған композициялар мелиоративтік және гидротехникалық құрылыстарды жөндеу кезінде шпаклевка құрамы ретінде, сондай-ақ беріктігі жоғары берік материалдар – полимербетондар алу кезінде тұтқыр ретінде ұсынылады.

Тірек сөздер: полимер минералды құрамы, шайыр, қатайтқыш, толтырғыш, макрофаза, қаптама, гипериз.

Нурпеисов, С.К. Термореактивті шайырлар негізіндегі полимерминералды композициялардың кейбір қасиеттері [Мәтін] / С.К. Нурпеисов, А.К. Медетов, Н.Т. Карабаев, А.Б. Турмаханбетова, Б.А. Карымсаков //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.362-368. https://doi.org/10.55956/ZAOM5200

Кіріспе. Әр түрлі мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстарды салудың, жөндеудің және қайта құрудың жоғары қарқыны бетон және темірбетон конструкциялары мен бұйымдарының жаңадан салынып жатқан, сондай-ақ қайта жаңартылатын объектілер мен құрылыстардың беріктігін қамтамасыз ету проблемасын бірінші орынға қояды.

Гидротехникалық құрылыстардағы бетон мен темірбетон сыртқы жүктемелерден күш-салмақты қабылдайды, сонымен қатар материал құрылымының және сол арқылы бұйымдардың біртіндеп бұзылуына әкелетін әртүрлі қолайсыз факторларға ұшырайды. Мұндай факторларға мыналар жатады: бетон арқылы суды сүзу (шаймалауға ықпал ететін), оның мұзқатуы және еріуі, кезектесіп ылғалдандыру және кептіру, тоқтатылған және суға

тартылған бөлшектердің тозуы, химиялық агрессия (цемент тасы мен судағы заттар арасындағы химиялық реакциялардың салдарынан қирау), кавитациялық құбылыстар.

Кавитация – бұл ағып жатқан сұйықтықтың тұтастығын бұзу құбылысы, яғни критикалық қысымнан төмен қысымда көпіршіктердің пайда болуы. Жоғары қысым аймағына ауысқан жағдайда және көпіршік қабырғаларының кенеттен жабылуы сұйықтықпен жеңілдетілген дененің бетіне зақым келтіреді.

Демек, құрылымдардың қажетті беріктігі тек бетонның беріктігіне ғана емес, сонымен қатар оның көрсетілген қолайсыз факторларға төзімділігіне де байланысты. Сондықтан бетон су өткізбейтін, аязға төзімді, ал кейбір жағдайларда кавитацияға төзімділік, тозуға төзімділік сияқты көрсеткіштер бойынша таңдалады [1-4].

Осыған байланысты әр түрлі салаларда физика-химиялық төзімділікті беріктік пен ұзақмерзімділікті үйлестіретін құрылыс материалдарының жоқтығы айтарлықтай әсер етеді. Мұндай материалдарға, ең алдымен, мелиорациялық және гидротехникалық құрылыстардың сенімділігі мен беріктігі мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік беретін полимерлі бетондар, полимерлі ерітінділер және полимерминералды композициялар жатады.

Ұсынылған жұмыста полимерлі композициялық материалдардың оңтайлы құрамы мен қасиеттері алынды, олар кейіннен бетон полимерін алу үшін кешенді байланыстырғыш ретінде ұсынылады. Толтырғыштар ретінде мынадай материалдардың жоғары дисперсті (3200-3500 см^2/г) ұнтақтары пайдаланылды: домна қожы, күл-алып кету, түйіршікті фосфор қожы, фосфогипс, барит ұнтағы, химиялық құрамдар 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Шикізат материалдарының химиялық құрамы

Шикізат	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	SO_3	P_2O_5	F	$BaSO_4$	K_2O	R_2O	H_2O	п.п.п	TiO_2	MnO_2
Фосфогипс	12,2	0,12	24,5	0,07	0,05	28,9	1,9	0.57	-	-	-	24,0	7,5	-	-
Түйіршікті фосфор қожы	38,6	5,8	5,4	2,7	0,45	0,44	1,5	-	-	0.45	0.42	-	-	-	-
Күл-алып кету	57,7	24,5	1,10	1,1	3,2	0.13	-	<0,1	-	-	1.57	-	-	-	-
Домна қожы	30	12,0	35	10	1,0	1,2	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0
Барит ұнтағы	2,8	1,2	2,1	0,36	3,4	-	-	-	87,2	0,25	-	-	-	-	-

Зерттеу шарттары мен әдістері. Полимерлі композициялық материалдар (ПКМ) – бұл әртүрлі қасиеттері бар полимерлі және басқа мономатериалдардан (толтырғыштардан) тұратын және осы комбинация нәтижесінде бастапқы материалдарға тән емес, бірақ анықтайтын түрде полимерлі байланыстырғышқа тәуелді мүлдем жаңа қасиеттер кешенін алатын күрделі құрылымды жасанды материалдар [5-6].

Біз ПКМ алу кезінде тұтқыр ретінде өнеркәсіптік өндірістегі термореактивті шайырларды қолдандық: ЭД-20 эпоксидті шайыры және Norsodynec 13236A полиэфирлі шайыры.

Құрамында арнайы оттегі байланысы бар (эпоксидті топтар) соңғы топтары бар сызықтық құрылымның ЭД-20 эпоксиді.

Қанықпаған полиэфир шайырлары олигомерлер болып табылады гетероцепсті полиэфирлер класына жатады, поликонденсацияның бірінші

сатысындағы өнімдердің қанықпаған байланыстарының болуы бұл шайырлардың бөлме температурасында қатаю қабілетін түсіндіреді. 2-кестеде осы шайырлардың негізгі қасиеттері келтірілген.

Кесте 2

Шайырлардың негізгі сипаттамалары

Көрсеткіштер	ЭД-20	NorsodyneC 13236A
Тығыздық, г/см^3 : – 25°С болғанда – 20°С болғанда	1,16-1,18	1,12-1,15
20°С температурада өміршеңдік, мин	80-170	60-120
Құрамы%, гидроксил топтары	1.7	
Иілу кезіндегі беріктік шегі, МПа	60-130	80-110
Молекулалық салмағы	390-430	320-370

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Құрылыс композиттерінің заманауи технологиялары көпқұрылымдық теориядан туындайтын келесі принциптерге негізделген:

– қажетті дисперсиялық және физика-химиялық белсенділік толтырғыштарын дайындау және пайдалану, белсендірілген және екілік толтырғыштарды қолдану;

– байланыстырушы және басқа материалдардың минималды шығындары кезінде ПКМ-нің қажетті қасиеттерінің кешенін қамтамасыз ету үшін байланыстырғыштарды міндетті және оңтайлы толтыру;

– қоспаларды тығыздау және микро және макро деңгейлерде құрылымның оңтайлы жағдайларын қамтамасыз етуді ескере отырып, өнімдерді термиялық өңдеу режимдерін таңдау.

Композициялардың құрылымын қалыптастырудың жоғарыда аталған принциптерін ескере отырып, ПКМ-нің оңтайлы құрамдарын таңдау мақсатында жұқа дисперсті толтырғыштары бар ПКМ-нің негізгі қасиеттері дайындалды және анықталды (3-кестеде ДҚ, ТФҚ, БҰ, ФФ$_c$ келтірілген).

Кесте 3

Полимерминералды композициялардың құрамы мен қасиеттері

Қасиеттері	Құрамы, салмағы %							
	Полиэфирлі шайрыдағы композиция				Эпоксидті шайрыдағы композиция			
	ПН:ДҚ 25:75	ПН:ТФҚ 25:75	ПН: БҰ 25:75	ПН:ФГ 30:70	ЭД:ДҚ 25:75	ЭД:ТФҚ 25:75	ЭД:БҰ 25:75	ЭД:ФГ 30:70
Тығыздық, кг/м^3	2030-2050	1850-1880	2060-2110	1640-1680	1740-1780	1850-1920	2040-2100	1630-1650
Сығылуға беріктігі, МПа	116-124	110-120	100-92	86-84	110-118	100-118	96-108	84-86
Иілу кезіндегі беріктік, МПа	36-46	29-33	30-32	28-30	28-31	32-34	28-31	28-31
Меншікті соққы беріктігі, Дж/м^2	2,24x10^4	2,16x10^4	1,85x10^4	2,02x10^4	-	-	-	-

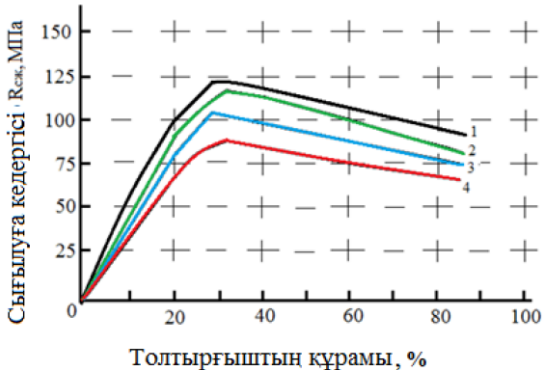
мұндағы: ДҚ – Домна қожы; ТФҚ – түйіршікті фосфор қожы; БҰ – барит ұнтағы; ФГ – фосфогипс.

ПКМ оңтайландыру «құрамы-қасиеттері» қисығындағы максималды мәндердің экстремумын іздеумен байланысты.

ПКМ құрылымының қатаюы толтырғыштарды енгізу кезінде пайда болады, полимерлі байланыстырғыштың көлемдік күйден пленкаға ауысуы кезінде одан әрі қатаю байқалады және «байланыстырушы-толтырғыш» сандық қатынасына, олардың дисперсиясына және толтырғыштардың химиялық құрамына байланысты болады.

ПКМ беріктігі негізінен полимер матрицасының беріктігімен анықталады. Полиэфирлі, эпоксидті, фенолды және басқа термореактивті шайырлар сияқты полимерлі байланыстырғыштар, көбінесе ПКМ байланыстырғыш ретінде пайдаланылады, тығыздығы жоғары глобулалардан немесе мицеллалардан және құрылымсыз және бос макромолекулалық қаптамасы бар кристаллитаралық аморфты фазадан тұратын тығыз торлы, кеңістіктік айқаспалы екі фазалы заттар. Осы позициялардан полимер матрицасының өзі «молекулалық композит» ретінде қарастырылуы керек [7-9].

Толтырғыш мөлшерінің ПКМ тұтқырлығы мен беріктік көрсеткіштеріне әсері туралы жүргізілген зерттеулер полиэфирлі және эпоксидті шайырларға тән 20-80, 30-70 аралығында болатын байланыстырғыш-толтырғыштың оңтайлы қатынасын анықтауға мүмкіндік берді.

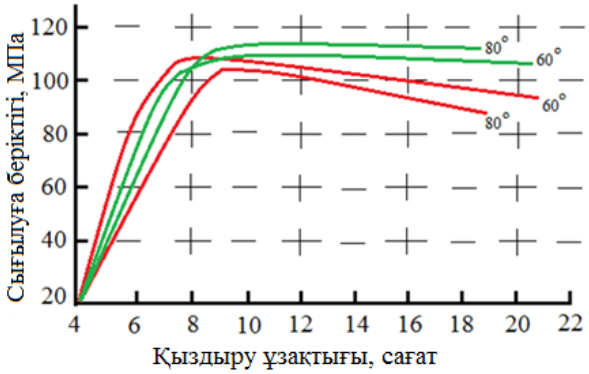


Толтырғыштың құрамы: 1 – домна пешінің шлагы; 2 – түйіршікті фосфор шлагы; 3 – барит ұнтағы; 4 – фосфогипс.

Сурет 1. Полимерминералды композицияның беріктігінің ($R_{сж}$) толтырғыштың құрамына тәуелділігі

Толтырғыштардың химиялық құрамының беріктік көрсеткіштеріне әсерін анықтау ПКМ, онда толтырғыштар ретінде домна қожы, түйіршікті фосфор қожы қызмет етті, беріктігін 100-125 МПа дейін арттырды, бұл олардың құрамындағы элементтермен байланысты болуы мүмкін: SiO_2, Al_2O_3, CaO.

Қалыпты жағдайда жоғарыда аталған толтырғыштары бар композицияларды ішінара қату құюдан кейін 20-30 минуттан кейін болды, бұл жоғарыда келтірілген тұжырымдарды растайды.



1 – түйіршікті фосфор шлагы; 2 – домна шлагы.

Сурет 2. Беріктіктің қыздыру уақыты мен температурасына тәуелділігі

Әрі қарай зерттеу үшін келесі қату режимі қабылданды: қалыпты жағдайда 1-3 күн, содан кейін 60-80°С температурада 6-10 сағат бойы термиялық өңдеумен.

Қорытынды. Жоғары беріктік сипаттамалары бар полимерминералды композициялардың оңтайлы композициялары алынды, онда толтырғыш ретінде жұқа дисперсті түйіршікті фосфор және домна шлактары қолданылады, кейінірек полимербетондарға байланыстырғыш ретінде ұсынылады. Композицияларды емдеу режимі анықталды: қалыпты жағдайда 1-3 күн, 8 сағат ішінде 60-80°С температурада кейінгі термиялық өңдеу полимерминералды композициялар мелиорациялық және гидротехникалық құрылыстарды жөндеу кезінде шпаклевка түрінде қолданылады.

Алынған полимер-минералдық композициялар полимербетондарды алу кезінде байланыстырушы ретінде пайдаланылатын болады, онда табиғи материалдар да, әр түрлі салалардың қайталама өнімдері де толтырғыш ретінде қолданылатын болады, бұл әрі қарайғы зерттеулердің тақырыбы болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Игнатова, О.А. Технология полимерных строительных материалов [Текст]: учеб. пособие / О.А. Игнатова. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 204 с.
2. Слюсарь, О.А. Коллоидная химия полимеров [Текст]: учеб. пособие / О.А. Слюсарь. – Белгород: Белгородский гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. – 126 с.
3. Имамов, А.Л. Полимерные и композиционные материалы [Текст]: учеб. пособие / А.Л. Имамов, А.Ж. Сарсенбаева. – Астана: Казах. ун-т технологии и бизнеса, 2014. – 124 с.
4. Зуев, В.В. Физика и химия полимеров [Текст]: учеб. пособие / В.В. Зуев, М.В. Успенская, А.О. Олехнович. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 45 с.
5. Косточко, А.В. Прогнозирование совместимости в системе полимер-растворитель [Текст]: учеб. пособие / А.В. Косточко, З.Т. Валишина, О.Т. Шипина. – Казань: Казан. нац. исслед. технол. ун-т, 2014. – 84 с.
6. Заикин, А.Е. Полимерные композиционные материалы [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Заикин. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. – 292 с.
7. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы [Текст]: учеб. пособие. Ч. 2 / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2020. – 130 с.

8. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы [Текст]: учеб. пособие. Ч. 1. / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2013. – 118 с.
9. Соколова, Ю.А. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминопроизводственными соединениями [Текст] / Ю.А. Соколова, В.Т. Ерофеева, В.Т. Ерофеев, А.Д. Богатов [и др.]. – М.: Палеотип, 2008. – 244 с.

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

Материал редакцияға 15.04.25 түсті, 27.06.25 қабылданды.

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

[1]Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации, г. Тараз, Казахстан

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ СМОЛ

Аннотация. Представлены составы полимерминеральных композиций на основе полиэфирных и эпоксидных смол, в качестве оптимальных наполнителей использованы доменный и грануллированный фосфорные шлаки. Получены оптимальные составы и свойства полимерных композиционных материалов. Определены влияние химического состава наполнителей на прочностные показатели и режимы отверждения композиций. Полученные композиции рекомендуются в качестве шпаклевочных составов при ремонте мелиоративных и гидротехнических сооружений, а также в качестве вяжущих при получении высокопрочных долговечных материалов – полимербетонов.

Ключевые слова: полимерминеральная композиция, смола, отвердитель, наполнитель, макрофаза, упаковка, гипериз.

S.K. Nurpeissov[1], A.K. Medetov[1], N.T. Karabaev[1], A.B. Turmakhanbetova[1], B.A. Karymsakov[1]

[1]Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

SOME PROPERTIES OF POLYMERMINERAL COMPOSITIONS BASED ON THERMOSETTING RESINS

Abstract. The compositions of polymer-mineral compositions based on polyester and epoxy resins are presented, blast furnace and granulated phosphorous slags are used as optimal fillers. Optimal compositions and properties of polymer composite materials have been obtained. The influence of the chemical composition of the fillers on the strength characteristics and curing modes of the compositions has been determined. The resulting compositions are recommended as filler compounds in the repair of reclamation and hydraulic structures, as well as as binders in the production of high-strength, durable materials – polymer concrete.

Keywords: polymermineral composition, resin, hardener, filler, macrophase, packaging, hyperiz.

References

1. Ignatova, O.A. Tekhnologiya polimernykh stroitel'nykh materialov [Technology of Polymeric Building Materials]: textbook. – Moscow, Vologda: Infra-Engineering, 2024. – 204 p. [in Russian].
2. Slyusar', O.A. Kolloidnaya khimiya polimerov [Colloidal Chemistry of Polymers]: textbook. – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, ASV Digital Library, 2017. – 126 p. [in Russian].
3. Imamov, A.L., Sarsenbaeva, A.Zh. Polimernye i kompozitsionnye materialy [Polymeric and Composite Materials]: textbook. – Astana: Kazakh University of Technology and Business, 2014. – 124 p. [in Russian].
4. Zuev, V.V., Uspenskaya, M.V., Olekhnovich, A.O. Fizika i khimiya polimerov [Physics and Chemistry of Polymers]: textbook. – Saint Petersburg: ITMO University, 2010. – 45 p. [in Russian].
5. Kostochko, A.V., Valishina, Z.T., Shipina, O.T. Prognozirovanie sovmestimosti v sisteme polimer–rastvoritel' [Prediction of Compatibility in the Polymer–Solvent System]: textbook. – Kazan: Kazan National Research Technological University, 2014. – 84 p. [in Russian].
6. Zaikin, A.E. Polimernye kompozitsionnye materialy [Polymer Composite Materials]: textbook. – Kazan: KNRTU Publishing House, 2018. – 292 p. [in Russian].
7. Bondaletova, L.I., Bondaletov, V.G. Polimernye kompozitsionnye materialy. Ch. 2 [Polymer Composite Materials. Part 2]: textbook. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2020. – 130 p. [in Russian].
8. Bondaletova, L.I., Bondaletov, V.G. Polimernye kompozitsionnye materialy. Ch. 1 [Polymer Composite Materials. Part 1]: textbook. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2013. – 118 p. [in Russian].
9. Sokolova, Yu.A., Erofeeva, V.T., Erofeev, V.T., Bogatov, A.D. et al. Epoksidnye polimerbetony, modifitsirovannye neftyanymi bitumami, kamennougol'noy i karbamidnoy smolami i aminoproizvodstvennymi soedineniyami [Epoxy Polymer Concretes Modified with Petroleum Bitumen, Coal and Urea Resins, and Amine Compounds]. – Moscow: Paleotip, 2008. – 244 p. [in Russian].

МРНТИ 67.11.29

Н.В. Купчикова[1] – *основной автор*,
В.А. Перепечин[2]

©

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

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-2986-4190* [2]*https://orcid.org/0009-0004-5643-7081*

[1,2]*Российский университет транспорта,*

г. Москва, Российская Федерация

@ [1]*kupchikova79@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/TJTF1318

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАЙ С МНОГОМЕСТНЫМИ УШИРЕНИЯМИ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье изложены результаты выполненных экспериментальных работ по численному анализу свай с многоместными уширениями, полученных моделированием их работы в среде MIDAS GTS NX. Выполнена сравнительная оценка результатов полевых испытаний и модельных изополей деформаций грунта. Анализ полученных данных демонстрируют достаточную тождественность результатов экспериментов. Установлено, что сваи с многоместными уширениями обладают значительной эффективностью по сопротивлению вертикальным нагрузкам по сравнению с готовыми призматическими сваями.

Ключевые слова: сваи с многоместными уширениями, призматическая свая, грунт, модельные испытания, численное моделирование, вертикальное нагружение, осадка, изополя деформаций.

Купчикова, Н.В. Исследование свай с многоместными уширениями методом численного моделирования [Текст] / Н.В. Купчикова, В.А. Перепечин // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.369-377. https://doi.org/10.55956/TJTF1318

Введение. При проектировании и строительстве свайно-плитных фундаментов, наряду с традиционными призматическими сваями, широкое применение получили сваи с необычной продольной формой ствола, которые имеют в своей толще уширения. К ним относят сваи с многоместными или несколькими уширениями, которые могут изготовляться готового или набивного типа.

В работе Н.В. Купчиковой [1] выявлено, что принцип работы свай с несколькими уширениями в грунтовом массиве состоит вначале во включении в работу боковой поверхности свай до первого уширения, далее несущую способность самого первого уширения, затем – боковая поверхность над следующим уширением и так далее, вплоть до последнего концевого уширения.

Выполненные экспериментальные и аналитические исследования свай с совместными концевыми и поверхностным уширениями позволили представить физическую модель взаимодействия тела сваи с уширениями и

грунтовым пространством при вертикальном нагружении за счет реактивного давления нижней полусферы концевого уширения, сил сцепления и трения по боковой поверхности прямолинейного участка сваи и граней клиньев (рис. 1) [2].

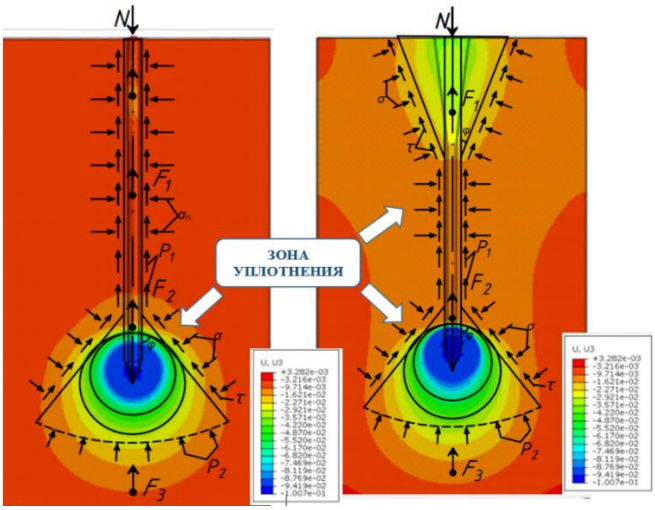


Рис. 1. Расчётная схема реактивных напряжений по площадкам предельного равновесия для свай концевым сферическим уширением и совместным поверхностным в виде сборных клиньев и концевым типами уширений с наложением изополей с зонами уплотнения

На современном этапе требуется разработка комплексной методологии расчета свайных фундаментов с несколькими уширениями на стволе сваи. Результаты исследований таких свай в различных грунтовых условиях свидетельствуют об их значительной эффективности по сравнению с призматическими сваями [2-4,8-11]. Целью исследования в данной работе явилось сравнение полученных результатов экспериментальных данных с результатами численного моделирования с помощью современного программного комплекса для решения геотехнических задач MIDAS GTS NX, верифицированного в Российской академии архитектуры и строительных наук.

Условия и методы исследований. Экспериментальные исследования проводились авторами И.И. Бекбасаровым и Е.И. Атеновым [5-7] на моделях свай, выполненных из железобетона, с количеством уширений от одного до четырёх (рис. 2). С целью сопоставления результатов исследований в экспериментах использованы три контрольные модели свай: из них две – призматических форм, имеющие размеры в сечении соответственно 20×20 мм и 30×30 мм, и одна – пирамидальной формы, имеющая размеры в верхнем сечении 30×30 мм, в нижнем – 20×20 мм. Модель сваи пирамидальной формы имело отклонение боковых граней к продольной оси i_p = 0,01.

Испытания моделей свай проведены в опытном котловане, заполненном легким песчанистым суглинком. Укладка однородного грунта в котлован производилась его засыпкой и равномерным разравниванием. Забивка и испытание моделей свай статическими нагрузками проводились с помощью многоцелевого приспособления. Забивка свай в грунт производилось копром ударного типа. Ударник массой 0,7 кг сбрасывался с постоянной высоты, равной 100 см, что обеспечивало одинаковую энергию

удара. В процессе забивки свайных элементов производился подсчет количества ударов и глубины их погружения. Модели свай заглублялись до 44,1-44,7 см (различие не превысило 1,40%).

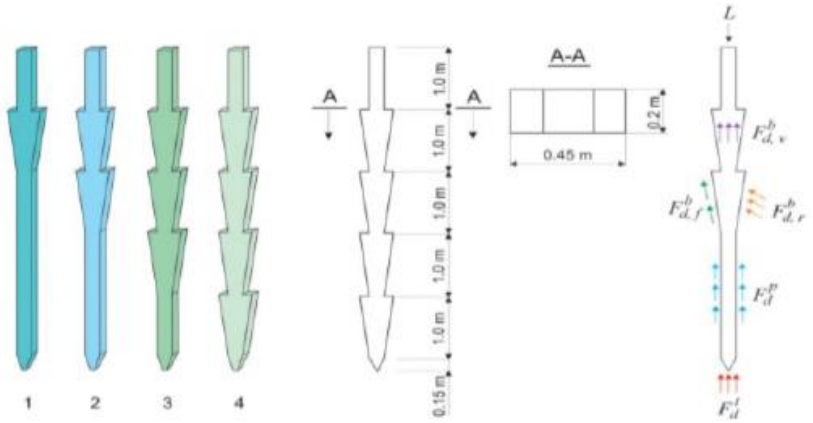
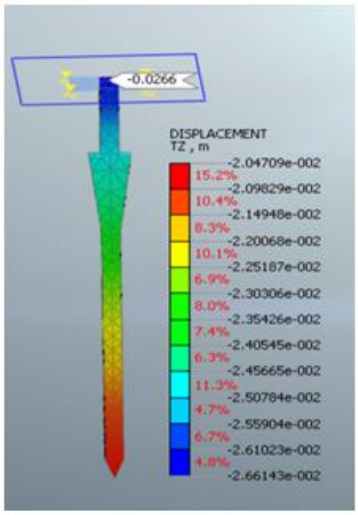


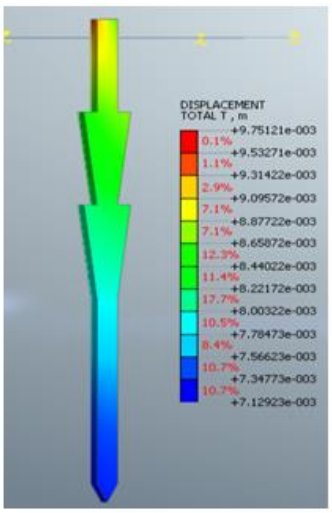
Рис. 2. Конструктивные решения готовых свай с несколькими уширениями на стволе (иллюстрация авторов И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов)

Настройка расчёта. Одним из вариантов создания модели сваи, работающей по нелинейной схеме «нагрузка - осадка», в расчетной программе является методика устройства, основанная на статических испытаниях одиночной сваи. Данный способ может применяться в Midas GTS NX. Исходными данными для моделирования поведения свай под нагрузкой были приняты результаты сравнений статических испытаний одиночной железобетонной призматической сваи и свай с многоместными уширениями.

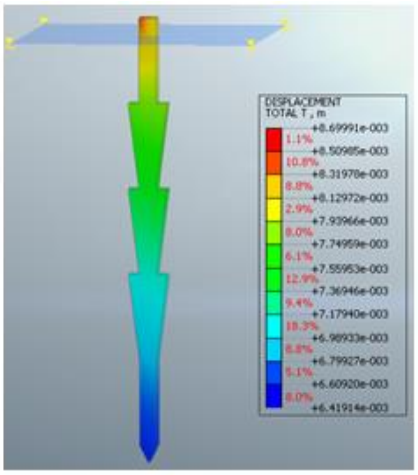
Изополя перемещений одиночных железобетонной призматической сваи и свай с разным количеством многоместных уширений на стволе представлены на рисунке 3.



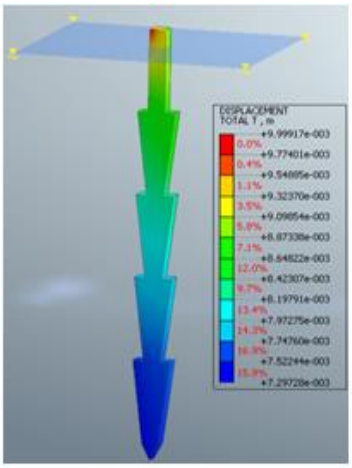
а)



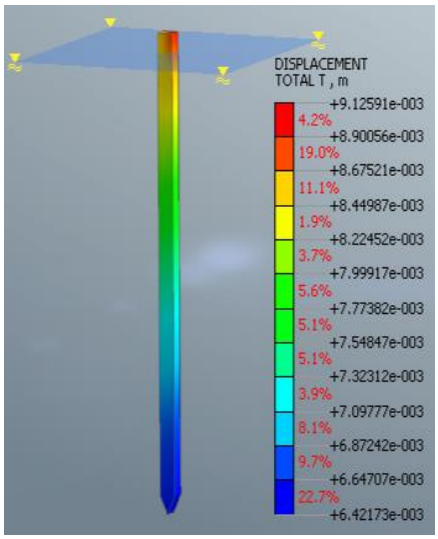
б)



в)



г)



д)

а – свая с одноместным уширением; б – свая с двухместными уширениями; в – свая с трехместными уширениями; г – свая с четырехместными уширениями; д – призматическая свая.

Рис. 3. Геометрическая сумма перемещений вдоль осей X, Y и Z призматической сваи и свай с многоместными уширениями

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам статических испытаний построен график зависимости осадки свай от нагрузки (рис. 4).

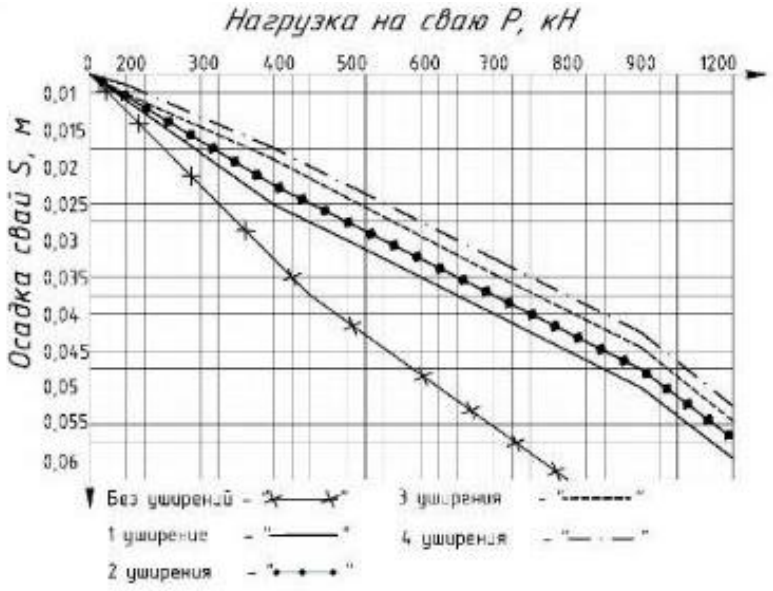


Рис. 4. График зависимости осадки свай от вертикального нагружения

Таблица 1

Результаты перемещений свай, полученные из программного комплекса MIDAS GTS NX

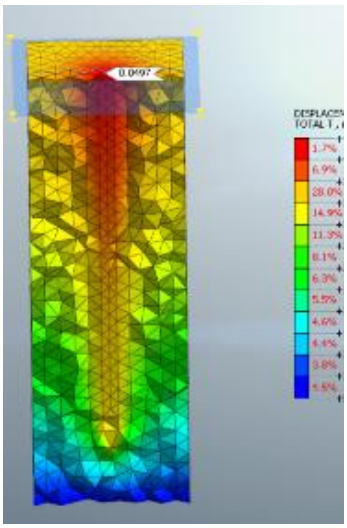
Вид сваи	Нагрузка, кН/м					
	200	400	500	700	900	1200
1 уширение	0,013	0,0216	0,0275	0,0376	0,0476	0,0635
2 уширения	0,0101	0,0204	0,0256	0,0359	0,0462	0,0616
3 уширения	0,016	0,0256	0,0304	0,04	0,0495	0,0639
4 уширения	0,0272	0,0367	0,0414	0,0608	0,0749	0,0891
Призматическая	0,0141	0,0242	0,0263	0,03	0,0497	0,066

В качестве модели грунта использована модель «Мора-Кулона». Для учета упруго-пластичной работы основания фундамента и сваи с функцией «Эластик» это позволяет рассчитывать линейно-упругое основание. Генерация размеров конечных элементов для песка средней крупности – 30, суглинка – 30, для плиты – 1 для свай и уширений – 5. Назначение нагрузок на модель:

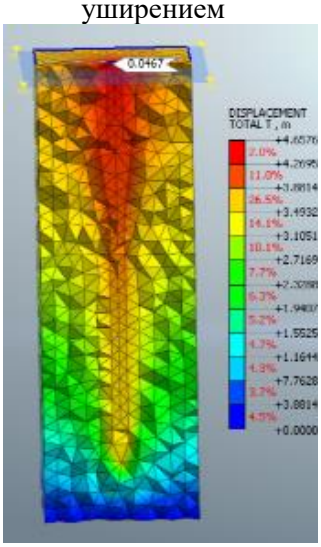
- собственный вес;
- ограничение перемещений;
- нагружение фундаментной плиты 500 кН/м^2.

На рисунке 5 представлены результаты осадки свай при нагрузке 900 кН/м^2, полученные с помощью MIDAS GTS NX.

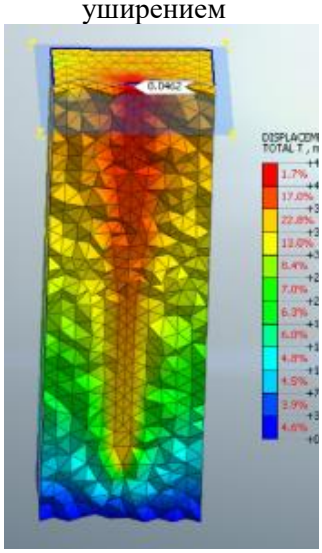
Призматическая свая



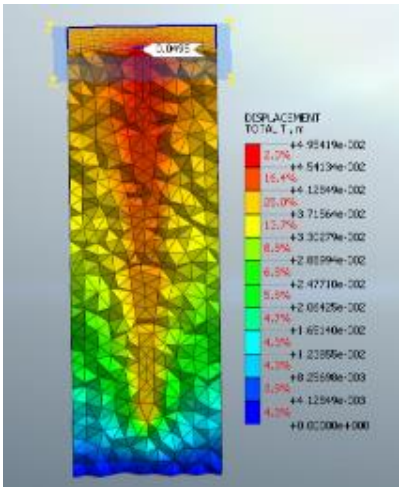
Свая с одноместным уширением



Свая с двухместным уширением



Свая с трехместным уширением



Свая с четырехместным уширением

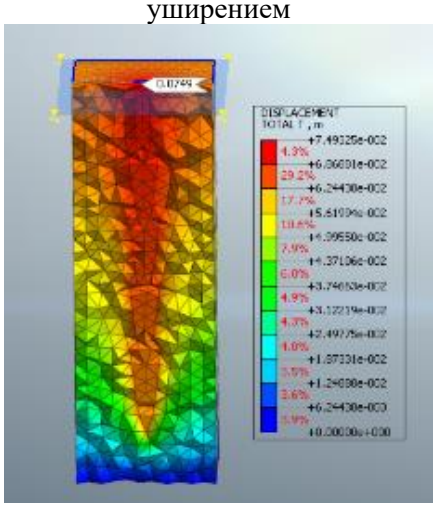


Рис. 5. Результаты осадки свай при нагрузке 900 кН/м^2

Заключение. В результате выполненного численного моделирования работы призматической сваи и свай с уширениями в грунте при вертикальных нагружениях получены изополя напряжений и деформаций. Сравнительная оценка результатов испытаний и численного анализа деформаций показали их хорошую сходимость. На основе полученных опытных данных можно заключить об эффективности работы свай с многоместными уширениями по сравнению с готовыми призматическими сваями.

Список литературы

1. Купчикова, Н.В. Свайные фундаменты с несколькими уширениями для слабых и структурно неустойчивых оснований. Часть 1 [Текст] / Н.В. Купчикова //

Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 4(46). – С. 81-86. DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-81-86.
2. Купчикова, Н.В. Деформационный расчет свай, усиленных цементацией грунта под ее нижним концом при вертикальном и горизонтальном загружении [Текст] / Н.В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2011. – № 4(36). – С. 29-33.
3. Соколов, Н.С. Применение свай ЭРТ для ликвидации предаварийной ситуации при строительстве фундамента [Текст] / Н.С. Соколов, Н.С. Никифорова, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Геотехника. – 2016. – № 5. – С. 54-61
4. Соколов, Н.С. Техническая целесообразность и экономическая эффективность устройства свай ЭРТ [Текст] / Н.С. Соколов // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 110-16. – С. 110-114.
5. Бекбасаров, И.И. О результатах испытаний плоских моделей свай с несколькими уширениями ствола в лабораторных условиях [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов, Ж. Кулболдиев // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий: материалы II Всероссийской конференции с международным участием, Пермь, 26–28 мая 2021 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С.57-74.
6. Бекбасаров, И.И. Об экспериментальном оборудовании для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях [Текст] / И.И. Бекбасаров, М.Н. Байтемиров, Е.И. Атенов, Н.А. Шаншабаев // Механика и технологии. – 2019. – № 4(66). – С. 134-141.
7. Бекбасаров, И.И. Ударная погружаемость свай с уширениями ствола и их сопротивляемость вдавливающей нагрузке [Текст] / И.И. Бекбасаров, М.И. Никитенко, Е.И. Атенов // Новости науки Казахстана. – 2020. – № 2(144). – С. 124-134.
8. Патент №2732758 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/44. Буроинъекционная свая с контролируемым уширением [Текст]: № 2020110915: заявл. 16.03.2020 : опубл. 22.09.2020 / М. А. Самохвалов, А. А. Паронко; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная компания "Геотехника 72".
9. Патент на полезную модель № 210396 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/48. Свая в структурно-неустойчивых грунтах [Текст]: № 2021120221: заявл. 08.07.2021 : опубл. 14.04.2022 / Н. Ф. Буланкин.
10. Пронозин, Я.А. Результаты лабораторных и полевых исследований изготовления буроинъекционной сваи с контролируемым уширением [Текст] / Я.А. Пронозин, М.А. Самохвалов, Д.В. Рачков // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 3. – С. 56-60.
11. Петухов, А.А. Совершенствование способа устройства инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для условий реконструкции зданий [Текст]: дисс… канд. техн. наук, специальность 05.23.02 "Основания и фундаменты, подземные сооружения" / Петухов А.А. – Томск, 2006. – 192 с.

Материал поступил в редакцию 03.06.25, принят 27.06.25.

Н.В. Купчикова[1], В.А. Перепечин[1]

[1]Ресей көлік университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы

САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН КӨП КЕҢЕЙТІМДЕРІ БАР ҚАДАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада Midas GTS NX бағдарламасының көмегімен модельдеу арқылы алынған көп кеңейтімдері бар қадаларды сандық талдау бойынша орындалған эксперименттік жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Далалық сынақтардың нәтижелерін және бағдарламадағы топырақ деформациясының

модельдік изополяларын салыстырмалы бағалау жүргізілді. Алынған деректерді талдау нәтижесінде эксперимент деректерінің сәйкестігі дәлелденді. Көп кеңейтімдері бар қадалар дайын призмалық қадалармен салыстырғанда тік жүктемелерге қарсы айтарлықтай төзімділікке ие екендігі анықталды.

Тірек сөздер: көп кеңейтімдері бар қадалар, призмалық қадалар, топырақ, модельдік сынақтар, сандық модельдеу, тік жүктеме, шөгу, деформация изополясы.

N.V. Kupchikova[1], V.A. Perepechin[1]

[1]Russian University of Transport, Moscow, Russia

INVESTIGATION OF PILES WITH MULTI-EXTENSIONS BY NUMERICAL SIMULATION

Abstract. The article presents the results of experimental study performed on the numerical analysis of piles with multi-extensions obtained by modeling their operation in the MIDAS GTS NX environment. A comparative assessment of the results of field tests and model isofields of soil deformations has been performed. The analysis of the obtained data demonstrates a sufficient identity of the experimental results. It has been established that piles with multi-extensions have significant efficiency in resisting vertical loads compared to ready-made prismatic piles.

Keywords: piles with multi-extensions, prismatic pile, soil, model tests, numerical modeling, vertical loading, sediment, deformation isofields.

References

1. Kupchikova N.V. Svaynyye fundamenty s neskol'kimi ushireniyami dlya slabykh i strukturno neustoychivykh osnovaniy. Chast' 1 [Pile foundations with several widenings for weak and structurally unstable foundations. Part 1] // Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya [Engineering and construction bulletin of the Caspian region]. - 2023. - No. 4 (46). - P. 81-86. DOI 10.52684 / 2312-3702-2023-45-3-81-86.
2. Kupchikova N.V. Deformatsionnyy raschet svay, usilennykh tsementatsiyey grunta pod yeye nizhnim kontsom pri vertikal'nom i gorizontal'nom zagruzhenii [Deformation calculation of piles reinforced by soil cementation under their lower end under vertical and horizontal loading] // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. - 2011. - No. 4 (36). - P. 29-33.
3. Sokolov N.S., Nikiforova N.S., Sokolov S.N., Sokolov A.N. Primeneniye svay ERT dlya likvidatsii predavariynoy situatsii pri stroitel'stve fundamenta [Application of ERT piles to eliminate pre-emergency situations during foundation construction] // Geotekhnika [Geotechnics]. - 2016. - No. 5. - P. 54-61
4. Sokolov N.S. Tekhnicheskaya tselesoobraznost' i ekonomicheskaya effektivnost' ustroystva svay ERT [Technical feasibility and economic efficiency of the ERT pile device] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education]. - 2024. - No. 110-16. - P. 110-114.
5. Bekbasarov I.I., Atenov Y.I., Kulboldiev Zh. O rezul'tatakh ispytaniy ploskikh modeley svay s neskol'kimi ushireniyami stvola v laboratornykh usloviyakh [On the results of testing flat models of piles with several shaft widenings in laboratory conditions] // Fundamenty glubokogo zalozheniya i problemy geotekhniki territoriy: materialy II Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem [Deep foundations and problems of geotechnical engineering of territories: Proceedings of the II All-Russian conference with international participation], Perm, May 26-28, 2021. - Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2021. - P.57-74.
6. Bekbasarov I.I., Baitemirov M.N., Atenov Y.I., Shanshabaev N.A. Ob eksperimental'nom oborudovanii dlya zabivki i ispytaniy krupnomasshtabnykh

modeley svay v polevykh usloviyakh [On experimental equipment for driving and testing large-scale pile models in the field] // Mechanics and Technologies. - 2019. - No. 4 (66). - P. 134-141.

7. Bekbasarov I.I., Nikitenko M.I., Atenov Y.I. Udarnaya pogruzhayemost' svay s ushireniyami stvola i ikh soprotivlyayemost' vdavlivayushchey nagruzke [Impact immersion capacity of piles with shaft widenings and their resistance to pressing load] // Novosti nauki Kazakhstana [Science news of Kazakhstan]. - 2020. - No. 2 (144). - P. 124-134.
8. Patent No. 2732758 C1 Russian Federation, IPC E02D 5/44. Bored injection pile with controlled widening: No. 2020110915: declared. 16/03/2020: published. 22/09/2020 / M.A. Samokhvalov, A.A. Paronko; applicant Limited Liability Company "Scientific and Production Company "Geotechnics 72".
9. Patent for Utility Model No. 210396 U1 Russian Federation, IPC E02D 5/48. Pile in structurally unstable soils: No. 2021120221: declared 07/08/2021: published 04/14/2022 / N. F. Bulankin.
10. Pronozin Ya.A., Samokhvalov M.A., Rachkov D.V. Results of laboratory and field studies of the manufacture of a bored pile with controlled widening // Industrial and civil engineering. - 2014. - No. 3. - P. 56-60.
11. Petukhov A.A. Sovershenstvovaniye sposoba ustroystva in"yektsionnykh svay v slabykh glinistykh gruntakh dlya usloviy rekonstruktsii zdaniy [Improving the method of installing injection piles in weak clay soils for building reconstruction conditions]: diss… candidate of technical sciences, specialty 05.23.02 "Foundations and foundations, underground structures" / Petukhov A.A. - Tomsk, 2006. - 192 p.

IRSTI 30.19.53

A. Nurimbetov[1] – *main author*,
A.T. Zhakash[2], S.Dz. Salybaev[3], E.A. Zhakashova[4]

[1]*Doctor of Technical Sciences, Professor,*
[2]*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
[3]*Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor,*
[4]*Master of Mathematics, Senior Lecturer*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-8857-1240* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8685-9868*
[3]*https://orcid.org/0009-0003-9750-9443* [4]*https://orcid.org/0000-0001-8827-0053*

[1,2,3,4]*Taraz University named after M.Kh. Dulaty,*
Taraz, Kazakhstan

@ [2]*zakash58@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LTHE7025

USE OF SELF-SYNCHRONIZATION EFFECT IN VIBRATION CARS

Abstract. The problems of self-synchronization of a dynamic system of a resonant type with two degrees of freedom are considered. The possibility of self-synchronization of two suited resonant vibrating machines connected by an elastic connection is considered as dynamic systems. A theory is given about the property of the natural frequencies of sectioned systems. An approximate periodic solution corresponding to the self-synchronization mode is constructed. The parameter ranges leading to a periodic re-gime are investigated. The possibility of block design of resonant vibrating machines for technological purposes has been established. Mathematical modeling of transient and stationary modes of a number of resonant vibrating machines in block design has been carried out. The results of mathematical modeling of the problem using numerical methods (Maple, Delphi) are presented. The use of the results of theoretical studies makes it possible to abandon the rigid kinematic synchronization of the rotors of vibration systems, which leads to a reduction in the energy intensity of the equipment. A methodology has been proposed and devices have been developed for experimental research of the main laws and characteristics of the technological process of vibratory compaction of concrete mixtures. The study shows that resonant single-mass vibrating machines, when combined into a single system, relatively easily enter the self-synchronization mode and this mode is stably maintained when a number of system parameters change within a relatively wide range. This makes it possible to widely use the principle of sectioning when creating resonant vibrating machines and, in some cases, create heavy resonant vibrating machines from standard modules. It has been established that this method makes it possible to obtain concrete products of higher density than with known methods. In this case, water absorption decreases by 15-25%, and strength characteristics increase by 25-31%.

Keywords: synchronization, vibration machines, vibration exciters, vibration platforms, elastic connections, autonomous systems.

Nurimbetov A., Zhakash A.T., Salybaev S.Dz., Zhakashova E.A. Use of self-synchronization effect in vibration cars //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.2(88). – P.378-395. https://doi.org/10.55956/LTHE7025

Introduction. Modern mechanical engineering puts forward as a primary task the problem of increasing the productivity of technological machines and equipment while simultaneously reducing their specific metal and energy intensity.

The introduction of vibration technology is impossible without the creation of highly efficient, reliable vibration machines and devices. Expanding the capabilities of a vibrating machine in a number of cases is associated with the use of the phenomenon of self-synchronization, which makes it possible to improve existing ones and create some fundamentally new vibration devices.

The work examines new possibilities for using the self-synchronization effect in vibration machines for technological purposes to increase the efficiency of their operation and transition, in some cases, to their sectional design.

Currently, most reinforced concrete structures are manufactured using the vibration method. At the same time, the most widespread type of equipment for compacting concrete mixtures is unified block vibrating platforms with an inertial drive in a resonant mode and operating at a frequency of 50 Hz. Along with the advantages (ease of changeover, high vibration stability), machines of this type have a number of significant disadvantages

Firstly, due to the resonant setting of the vibrating platform, high-power motors are required to excite vibrations of the working element (energy consumption of the equipment is about 5 kW per 1 ton of lifting capacity).

Secondly, due to the increased load on the bearings of the inertial drive, their durability is sharply reduced (on average, the durability of one rolling bearing is no more than 3500...4000 hours, which is less than the minimum permissible value L = 5000 hours accepted in mechanical engineering).

Thirdly, the specific design of the vibrating platform (linearity of the elastic system, harmonic nature of excitation) makes it possible to implement only symmetrical harmonic laws of vibration of the working body, which cannot ensure high quality compaction of rigid concrete mixtures. This is contrary to modern trends in the development of the precast concrete industry, aimed at the use of rigid concrete mixtures to obtain high-strength concrete and reduce cement consumption.

Fourthly, since the acceleration amplitude ranges from 3 to 6 times the acceleration of gravity, the concrete mixture, when vibrating without a significant inertiafree load, periodically bounces, separating from the bottom of the mold, and air is sucked into the resulting gap; therefore, it is not possible to completely displace air from the concrete mixture, which reduces the quality of the products.

Fifth, due to the presence of a large number of relatively short-lived elements, machine downtime due to breakdowns turns out to be unacceptably long.

Along with this, there are machines that do not have most of these disadvantages. Such vibration machines include a two-mass resonant vibration platform. In addition, such a machine has one more advantage – the ability to almost completely eliminate the transfer of dynamic forces to the base [1]. A solution to this problem can be achieved by using the self-synchronization effect.

Materials and methods. Interest in using the features of nonlinear vibrations in vibrating machines arose in connection with the need to solve three main problems that are extremely important for improving the vibrating machine. We are talking about increasing the stability of resonant modes and implementing polyharmonic oscillations of the working body, with gearless frequency conversion. The idea of creating vibration devices operating in resonant modes and realizing intense vibrations with small forcing influences has long attracted the attention of designers [2]. However, due to the strong sensitivity of the amplitude of resonant oscillations to changes in the mass of the load of the processed medium, linear vibrating

machines of the resonant type are not widely used [1]. To increase the stability of resonant vibrations, it is advisable to use elastic links with a nonlinear characteristic in vibrating machines. The presence of elastic nonlinearity contributes to the slope of the frequency response in the main resonance zone and, as a consequence, to increased stability of operating modes.

The simplest option for introducing nonlinearity into the elastic system of a vibrating machine, as mentioned above, is to install elastic travel limiters (buffers). The influence of the rigidity of buffers and the gaps with which they are installed on the stability of resonant modes is considered in [2,3].

Technical problems leading to the problem of synchronization of vibrators. A significant number of vibration machines and installations use not one, but several vibrators installed either on one common supporting body (the vibrating organ of the machine), or on two or more bodies connected in one way or another.

In other cases, the use of several relatively low-power vibrators, instead of one more powerful one, is due to the need to disperse the disturbing force over a vibrating organ of considerable size.

Currently, there are three main methods of synchronizing mechanical vibrators. The simplest way is to introduce kinematic connections between the vibrator rotors, i.e. kinematic synchronization [4]. The second method of synchronizing mechanical vibrators is electrical synchronization, where the desired synchronization is achieved by using an electric shaft system or synchronous motors [5-11]. Both of the methods described above for coordinating the rotation of vibrator rotors – kinematic and electrical – refer to forced synchronization. The third method is self-synchronization. The phenomenon of self-synchronization of mechanical vibration exciters, in the simplest case, represents unbalanced rotors driven into rotation by asynchronous electric motors. The essence of the phenomenon is that several such rotors installed on a common working body of the machine rotate with the same or multiple average angular velocities and certain phase shifts, despite the absence of any kinematic connections between them, for example, gearing, chain transmissions and etc. Synchronicity and a certain phrasing are ensured automatically due to the vibrations of the bodies on which the rotors are installed.

The conditions for the existence and stability of synchronous movements of vibration exciters are usually obtained based on the analysis of differential equations of motion of the system. To do this, it is necessary to determine under what conditions the original system has a solution of the form:

$$\varphi_i = \delta_i \omega_t + \alpha_1, i = (1,...,S) \tag{1}$$

where: S is the number of vibration exciters in the system; φ_i – Angular coordinates of vibration exciter rotors; ω – synchronous frequency; δ_i – a number that takes on a value $\pm i$, depending on the direction of rotation of the *i*-th rotor; α_i – Phase angle of the *i*-th rotor (in the general case α_i =const).

To find out the conditions under which stable solutions of the form (1) exist in the original system, the Poincare-Lyapunov small parameter method is most often used [6]. Its essence in relation to the problem of self-synchronization is that some terms of the equations of the original system are assumed to be arbitrarily small and correspondingly assigned to them an infinitely small order μ. In this case, the parameter must be introduced into the terms of the equations describing the interaction of vibration exciters in the system. Then, neglecting the small terms of

the equations (assuming μ =0), proceed to solving a simplified, so-called generating system, from which periodic solutions with a period are determined $T = 2/\pi$ up to arbitrary constants α_i i=(1,…, S) The latter are found from special equations obtained taking into account the assumption that μ can take arbitrarily small values. These conditions, which establish a certain relationship between the single angles of rotation of the rotors, are called the conditions for the existence of synchronous movements of the original system.

The above methods for solving the problem of self-synchronization of vibration exciters show that the difficulty of finding the conditions for the existence and stability of synchronous movements is determined, first of all, by the type of the original system. For quasilinear systems, these conditions can often be obtained in analytical form. In some cases, analytical solutions are also possible for some nonlinear systems. In the general case, the solution can only be obtained by calculating the system on a computer. A systematic presentation of the theory of synchronization of vibration exciters, as well as a review of relevant studies, are given in the works of I.I. Blekhman [4].

The use of the phenomenon of self-synchronization opens up the possibility of significant improvements in drive devices of vibration machines, making it possible to eliminate highly noisy and quickly worn-out gears, chain drives, and cardan shafts. It turns out to be possible to place vibration exciters at significant distances from each other, etc.

Along with this, in vibration technology there is another wide area of technical applications of the self-synchronization effect. We are talking about the possibility of connecting individual resonant vibration machines into a single system that performs periodic oscillations. This task turns out to be extremely relevant when creating heavy resonant vibrating machines for technological purposes. If it is resolved positively, it becomes possible to quickly change the increase in the size of the working bodies of resonant vibration machines, as well as move to their sectioning. To solve this problem, the following theorem is used [12-21].

Let us consider two elastic discrete one-dimensional systems described by the following linear differential equations with constant coefficients:

$$X_i + \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} x_j = 0, \ (i = 1,\dots,n) \tag{2}$$

$$X_i + \sum_{j=n+1}^{n+m} \alpha_{ij} x_j = 0, \ (i = n+1,\dots,n+m) \tag{3}$$

In the future, through $\|\alpha\|$ and $\|\beta\|$ we will denote the coefficient matrices of the system (2) and (3)

Theorem. Let there be two elastic systems defined by coefficient matrices $\|\alpha\|$ and $\|\beta\|$ let there be a frequency P_0 such that $\det\left\|\alpha - EP_0^2\right\| = \det\left\|b - EP_0^2\right\| = 0,$ where E is the identity matrix (i.e. P_0 is the natural frequency of each system).

Then, when any two masses belonging to different systems are connected by an elastic connection of arbitrary rigidity, the frequency P_0 will be the frequency of natural oscillations of the combined system. Then the system turns out to be connected and its characteristic equation can be written in the form:

$$\Delta(P_0) = \det\left\| \begin{matrix} \alpha - EP_0^2 + \alpha J_{VV} & -\alpha J_{VS} \\ -\text{в} J_{SV} & \text{в} - EP_0^2 + \beta J_{SS} \end{matrix} \right\|,$$

where, α and β are some constants, and J_{ij} is a matrix located at the intersection of the *i*-th row and the *j*-th column, equal to one. The remaining elements of this matrix are equal to zero.

The characteristic matrix in this case is presented in coagulated form. It is required to show that P_0 – is the frequency of natural oscillations of the system, i.e., that

$$\Delta(P_0) = 0 \tag{4}$$

Relations (4) allow us to obtain such a linear combination of the first η row, which, when added to the *S*-th row, brings the characteristic determinant to the form

$$\Delta(P_0) = \det\left\| \begin{matrix} \alpha - EP_0^2 + \alpha J_{VV} & -\alpha J_{VS} \\ 0 & \text{в} - EP_0^2 + \beta J_{SS} \end{matrix} \right\| \tag{5}$$

Determine the coagulated matrix can be calculated based on the relation $\det\left\| \begin{matrix} A & B \\ C & D \end{matrix} \right\| = \det\left\| D - CA^{-1} \right\|$ provided that $\det\|A\| = 0$.

Since in case (5) the matrix is zero, and det $\|D\|$, according to (3), is equal to zero, then $\Delta(P_o) = 0$ and the theorem is proven.

This theorem states that if there are two vibration machines with resonant tuning to the same frequency, then the resonant tuning is preserved even after these machines are in some way combined into one common system.

Mathematical model of the system. As dynamic systems, we consider the possibility of self-synchronization of two suited resonant vibrating machines connected by an elastic connection. The diagram of the system under consideration is presented in Figure 1.

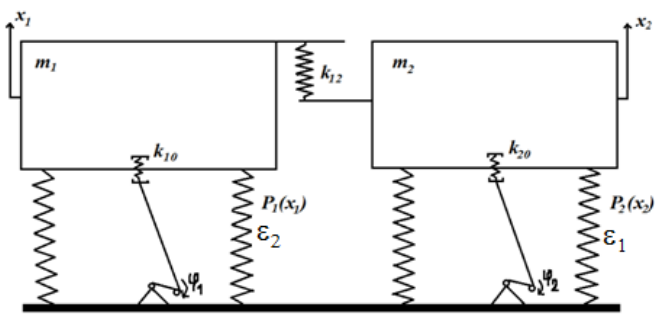


Fig. 1. Design diagram of a sectioned resonant vibrating machine

We will assume that each block is an elastic system with one degree of freedom. In the system under consideration, vibrations are excited by eccentric

vibrators with elastic elements in the connecting rod. The elastic restoring characteristics of the main elastic bonds will be described by relations of the form:

$$P_0(x_i) = k_i x_i + \beta_i x_i^3 \ (i = 1,2). \tag{6}$$

We will assume that energy dissipation in the main elastic bonds obeys the viscous Kedwin-Voigt hypothesis. We will assume the elastic characteristics of the drive shock absorbers to be linear, and we will neglect the energy dissipation in them. The indices for the coefficients will indicate that the characteristics of the corresponding elastic connection belong to each other. We will accept the characteristics within the framework of the V.O. Kononeiko model. Then, for the design scheme presented in Figure 1, under the assumptions made above, the differential equations of motion can be written in the form:

$$\begin{aligned}
&m_1\ddot{x}_1 + \varepsilon_1\dot{x}_1 + (k_{10}+k_1)x_1 + \beta_1 x_1^3 + k_{12}(x_1 - x_2) = k_{10}\rho\sin\varphi_1,\\
&m_2\ddot{x}_2 + \varepsilon_2\dot{x}_2 + (k_{20}+k_2)x_2 + \beta_2 x_2^3 - k_{12}(x_1 - x_2) = k_{20}\rho\sin\varphi_2,\\
&J_1\ddot{\varphi}_1 + g_1\ddot{\varphi}_1 = M_{10} - b_1\dot{\varphi}_1 + k_{10}\rho(x_1 - \rho\sin\varphi_1)\cos\varphi_1,\\
&J_2\ddot{\varphi}_2 + g_2\ddot{\varphi}_2 = M_{20} - b_2\dot{\varphi}_2 + k_{20}\rho(x_1 - \rho\sin\varphi_2)\cos\varphi_2,
\end{aligned} \tag{7}$$

where: m_1, m_2 are the masses of the working parts; J_1, J_2 – moments of inertia reduced to the cranks; k_{10}, k_{20} – rigidity of drive elastic connections; φ_1, φ_2 – angles of rotation of the cranks; x_1, x_2 – movements of the centers of mass of the working bodies; k_{12} is the rigidity of the elastic connection connecting the working bodies; M_{10} - b_1 φ_1, M_{20} - b_2 φ_2 torque characteristics of engines in the working area, reduced to cranks; ρ – crank radius (eccentricity).

Energy dissipation in elastic elements is also taken into account. In this case, the hypothesis of viscous friction was accepted and the dissipation coefficients were assumed to be equal ε_1 and ε_2. To calculate the torque reduced to the crank developed by the electric motor at a constant gear ratio between the engine and the crank, you can use the expression $M_{gbi} = M_{io}U + b_i\dot{\varphi}_i U^2$, where U is the gear ratio. To speed up calculation work, a table of coefficients is proposed in the work M_{i0}, b_i for different engine powers.

Approximate solution to the problem of self-synchronization of a dynamic system with two degrees of mobility. System of equations (7) is autonomous. Determining the parameters of periodic solutions of such systems is significantly complicated by the need to clarify the period of this solution at each stage of calculations. At the same time, there is always the possibility of reducing these problems to constructing a periodic solution of some auxiliary non-autonomous system, the order of which is one unit lower than the order of the original system.

$$\begin{aligned}
&\ddot{x}_i = \frac{d^2x_i}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx_i}{dt}\right) = \frac{d\varphi_1}{dt}\frac{d}{d\varphi_1}\left(\frac{d\varphi_1 dx_i}{dt\, d\varphi_1}\right) = \omega_1^2\frac{d^2x_i}{d\varphi_1^2} + \omega_1\frac{d\omega_1}{d\varphi_1}\frac{dx_i}{d\varphi_1},\\
&\ddot{\varphi}_i = \frac{d^2\varphi_i}{dt^2} = \omega_1\frac{d^2\varphi_i}{d\varphi_1^2} + \omega_1\frac{d\omega_1}{d\varphi_1}\frac{d\varphi_i}{d\varphi_1} \qquad \text{(i=1, 2)}
\end{aligned} \tag{8}$$

After transforming the system, equation (7) taking into account (8) will take the form:

$$m_1\left(\omega_1^2\frac{d^2x_1}{d\varphi_1^2}+\omega_1\frac{d\omega_1}{d\varphi_1}\frac{dx_1}{d\varphi_1}\right)+\varepsilon_1\omega_1\frac{dx_1}{d\varphi_1}+(k_{10}+k_{12})x_1+\beta_1x_1^3+k_{12}(x_1-x_2)=k_{10}\rho\sin\varphi_1,$$
$$m_2\left(\omega_1^2\frac{d^2x_2}{d\varphi_1^2}+\omega_1\frac{d\omega_1}{d\varphi_1}\frac{dx_2}{d\varphi_1}\right)+\varepsilon_2\omega_1\frac{dx_2}{d\varphi_1}+(k_{20}+k_{12})x_2+\beta_2x_2^3-k_{12}(x_1-x_2)=k_{20}\rho\sin\varphi_2,$$
$$J_1\omega\frac{d\omega_1}{d\varphi_1}+g_1\omega_1=M_{10}-b_1\omega_1+k_{10}\rho(x_1-\rho\sin\varphi_1)\cos\varphi_1, \qquad (9)$$
$$J_2\left(\omega_1\frac{d^2\varphi^2}{d\varphi_1}+\omega_1\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}\frac{d\omega_1}{\varphi_1}\right)+g_2\omega_1\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}=M_{20}-b_2\omega_1\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1}+k_{20}\rho(x_2-\rho\sin\varphi_2)\cos\varphi_2,$$

where, $\omega_1=\dfrac{d\omega_1}{dt}$.

The main features of the behavior of such a system can be established by analyzing approximate solutions of relatively low orders. To a first approximation, the periodic solution (9) has the form:

$$X_1=A\cos\varphi_1+B\sin\varphi_1=H_1\cos(\varphi_1-\delta_1);\ X_2=C\cos\varphi_1+D\sin\varphi_1=H_2\cos(\varphi_1-\delta_2);$$
$$\omega_1=M\cos2\varphi_1+N\sin2\varphi_1+\omega_0;\ \ \varphi_2=L\cos2\varphi_1+G\sin2\varphi_1+\varphi_1+\alpha; \qquad (10)$$

where: α – phase shift angle, $\alpha H_1=\sqrt{A^2+B^2}$, $H_2=\sqrt{C^2+D^2}$.

The determination of the parameters of the approximate solution is determined based on the Galerkin-Bubnov method. The conditions of harmonic balance lead to a comprehensive system of equations for $A, B, C, D, M, N\ G, L, \omega_0, \alpha$.

$$\left[k_{10}+k_1+k_{12}-m_1\omega_0^2+\frac{1}{2}m_1(M^2+N^2)+\frac{3}{4}\beta_1(A^2+B^2)\right]A+\varepsilon_1\omega_0B-k_{12}C=0;$$
$$\left[k_{10}+k_1+k_{12}-m_1\omega_0^2+\frac{1}{2}m_1(M^2+N^2)+\frac{3}{4}\beta_1(A^2+B^2)\right]B-\varepsilon_1\omega_0A-k_{12}D=k_{10}\rho;$$
$$\left[k_{20}+k_2+k_{12}-m_2\omega_0^2+\frac{1}{2}m_2(M^2+N^2)+\frac{3}{4}\beta_2(C^2+D^2)\right]C+\varepsilon_2\omega_0D-k_{12}A=$$
$$=k_{20}\rho\sin\alpha+\frac{1}{2}k_{20}\rho\ G\sin\alpha-\frac{1}{2}k_{20}\rho\ L\cos\alpha;$$
$$\left[k_{20}+k_2+k_{12}-m_2\omega_0^2+\frac{1}{2}m_2(M^2+N^2)+\frac{3}{4}\beta_2(C^2+D^2)\right]D-$$
$$-\varepsilon\omega_0C-k_{12}B=k_{20}\rho\cos\alpha+\frac{1}{2}k_{20}\rho\ L\cos\alpha-\frac{1}{2}k_{20}\rho\ G\sin\alpha;$$
$$2J_1\omega_0N+B_1M=\frac{1}{2}k_{10}\rho\ A;\ \ -2J_1\omega_0M+B_1N=\frac{1}{2}k_{10}\rho\ B-\frac{1}{2}k_{10}\rho^2;$$
$$(g_1+b_1)\omega_0-M_{10}=\frac{1}{2}k_{10}\rho\ A;$$
$$2J_2\omega_0N+b_2M-\left[2J_2(M^2+N^2)+4J_2\omega_0^2\right]L+2b_2\omega_0G=\frac{1}{2}k_{20}\rho\ (G-DL)\cos\alpha+$$
$$+\frac{1}{2}k_{20}\rho\ (D-CL)\sin\alpha-\frac{1}{2}k_{20}\rho^2\ \sin2\alpha;$$

$$-2J_2\omega_0 M + b_2 N - \left[2J_2(M^2+N^2)+4J_2\omega_0^2\right]G - 2b_2\omega_0 L = \frac{1}{2}k_{20}\rho\,(G-CD)\sin\alpha -$$
$$-\frac{1}{2}k_{20}\rho\,(L-DG)\cos\alpha - \frac{1}{2}k_{20}\rho^2\cos 2\alpha;$$
$$(g_2+b_2)\omega_0 - M_{20} + b(MG-NL) - 2J_2\omega_0(ML+NG) = \frac{1}{2}k_{20}\rho(C-CG)+$$
$$+\frac{1}{2}k_{20}\rho\left(D-DG+\frac{1}{2}CL\right)\sin\alpha - \frac{1}{2}k_{20}\rho^2(L\cos 2\alpha - G\sin 2\alpha).$$

In order to simplify the calculation on a computer, the system (11) is collapsed. At the same time, the system of equations obtained by condensing (11) turned out to be very cumbersome and did not lead to the desired result. Therefore, the following assumptions are made in the form of solution (10):

$$\omega_1 = \omega_0 = const;\ \ \varphi_2 = \varphi_1 + \alpha. \tag{12}$$

After this, the system will look like this:

$$\left[k_{10}+k_1+k_{12}-m_1\omega_0^2+\frac{3}{4}\beta_1(A^2+B^2)\right]A + \varepsilon_1\omega_0 B - k_{12}C = 0;$$
$$\left[k_{10}+k_1+k_{12}-m_1\omega_0^2+\frac{3}{4}\beta_1(A^2+B^2)\right]B - \varepsilon_1\omega_0 A - k_{12}D = k_{10}\rho;$$
$$\left[k_{20}+k_2+k_{12}-m_2\omega_0^2+\frac{3}{4}\beta_2(C^2+D^2)\right]C + \varepsilon_2\omega_0 D - k_{12}A = k_{20}\rho\sin\alpha; \tag{13}$$
$$\left[k_{20}+k_2+k_{12}-m_2\omega_0^2+\frac{3}{4}\beta_2(C^2+D^2)\right]D - \varepsilon\omega_0 C - k_{12}B = k_{20}\rho\cos\alpha;$$
$$(g_1+b_1)\omega_0 - M_{10} = \frac{1}{2}k_{10}\rho\,A;\ \ (g_2+b_2)\omega_0 - M_{20} = \frac{1}{2}k_{20}\rho(C\cos\alpha - D\sin\alpha).$$

It is possible to transform system (13) to a system with fewer equations. As a result of simple but cumbersome transformations, system (13) is reduced to a system of two nonlinear algebraic equations with two unknowns ω_0, A^2+B^2.

$$f_1(\omega_0 A^2+B^2) = \left[\frac{(-a_1^2+\varepsilon_1^2\omega_0^2)(A^2+B^2) - 2\varepsilon_1\omega_0 a_4 + k_{12}^2 a_5 - k_{10}^2\rho^2}{2a_1}\right]+$$
$$+a_2 - k_{10}^2\rho^2(A^2+B^2) = 0 \tag{14}$$
$$f_2(\omega_0 A^2+B^2) = \left[\frac{(a_6^2+\varepsilon_2^2\omega_0^2)a_5 + 2\varepsilon_2\omega_0 a_4 + 2a_1 a_6 + k_{12}^2(A^2+B^2) - k_{10}^2\rho^2}{2a_6}\right]^2+$$
$$+a_2 - k_{10}^2\rho^2(A^2+B^2) = 0,$$

where $a_1 = k_{10} + k_1 + k_{12} - m_1\omega_0^2 + \frac{3}{4}\beta_1(A^2 + B^2),\ a_2 = (g_1 + b_1)\omega_0 - M_{10};$

$a_3 = (g_2 + b_2)\omega_0 - M_{20};$

$a_4 = 2a_2 + \varepsilon_1\omega_0)(A^2 + B^2);\ a_5 = \frac{-2a_2 - 2a_3 - \varepsilon_1\omega_0)(A^2 + B^2)}{\varepsilon_2\omega_0};$

$a_6 = k_{20} + k_2 + k_{12} - m_2\omega_0^2 + \frac{3}{4}\beta.$

Research results and discussion. *Analysis of the results of mathematical modeling of the system.* Solutions of the system of equations (14) make it possible to determine the main parameters of the oscillation process to a first approximation. If the system of equations (14) has real solutions, then this indicates the fundamental possibility of the existence of a self-synchronization effect in the system.

A numerical solution to the system of equations (14) was obtained using a Delphi program. The bisection method was used to solve the system.

The specific object of research was a system with the following parameter values: m_1, m_2 – masses of working bodies; J_1, J_2 – moments of inertia reduced to the cranks; k_{10}, k_{20} – rigidity of drive elastic connections; φ_1, φ_2 – angles of rotation of the cranks; x_1, x_2 – movements of the centers of mass of the working bodies; k_{12} is the rigidity of the elastic connection connecting the working bodies; elastic connection stiffness k_1, k_2.

$$m_2 = 7800\ kg;\ k_1 = k_2 = 6.05 \cdot 10^7\ N/m;$$
$$k_{10} = k_{20} = 8 \cdot 10^7\ N/m;\ \beta_1 = \beta_2 = 10^{11} N/m^3;\ \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 8 \cdot 10^5 s \cdot N/m;$$
$$\rho = 0.015m;\quad J_1 = J_2 = 5.85 H \cdot м/s^2;\ g_1 = g_2 = 2.2\ N \cdot m \cdot s;$$
$$M_{10} = M_{20} = 10773.6\ N \cdot m;\ b_1 = b_2 = 173.86\ N \cdot m \cdot s.$$

Values of stiffness k_{12}, mass m_1 varied within the following limits: $k_{12} = 10^7\ N/m \div 2 \cdot 10^8\ N/m$ in increments $5 \cdot 10^6\ N/m$, $m_1 = 3800\ kg \div 7800\ kg$ in increments of 500 kg.

This was carried out with the aim of assessing the possibility of locking the system into self-synchronization mode when parameters change. Varying the value k_{12} is due to the fact that when drawing up the equation of motion, it was assumed that the form installed on the working bodies with (or without) technological load does not ensure their transformation into one absolutely rigid body.

In this regard, an elastic connection with stiffness was introduced into the mathematical model k_{12}, which can take any value, given the practical impossibility of its control.

It was found that for all the considered parameter values, the system reached a periodic oscillation mode. Figure 2 shows the dependence of the phase shift angle α rotation of the cranks in a steady state of motion of the system due to rigidity k_{12} at different values of λ.

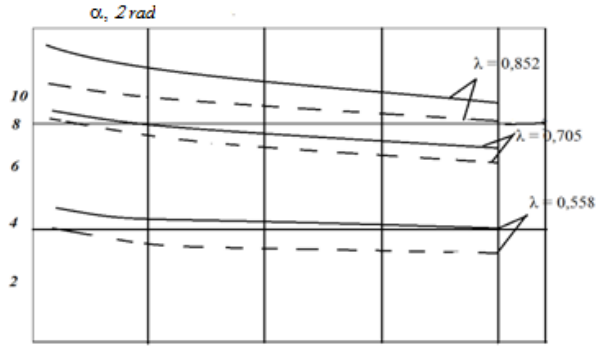


Fig. 2. Dependence of phase shift angle λ on stiffness k_{12} at different values of λ

Here λ mass ratio, i.e. $\lambda = \frac{m_1}{m_2}$. Analysis of the results obtained shows that with an increase in connecting stiffness k_{12} there is a decrease in the phase shift angle α. In the limit during the transition to an absolutely rigid connection of masses m_1 and m_2 The operating mode of vibration exciters tends to be in phase. This fact should be taken into account in the practical use of the self-synchronization effect in resonant machines, especially in heavy machines for technological purposes.

The graphs provided in Figure 3 shows that the average angular velocity of rotation of the cranks in steady motion changes relatively little when the mass changes m_1. A general increase in the masses of the working bodies leads to a slight decrease in speed ω_0. During calculations it was found that the rigidity k_{12} has virtually no effect on the average angular speed of rotation of the cranks. Change in hardness and magnitude $\lambda = \frac{m_1}{m_2}$ also does not have a significant effect on the vibration amplitudes of the working bodies.

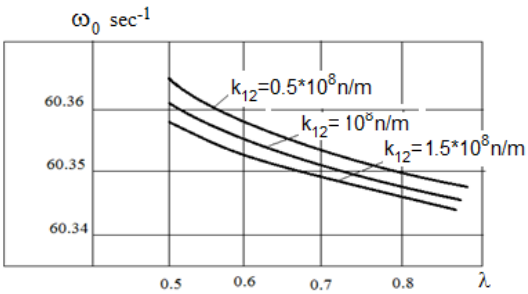


Fig. 3. Dependence of the average angular velocity ω_0 on the ratios mass $\lambda=m_1/m_2$ at different values of k_{12}

Since there was a problem of assessing the acceptability of representing approximate solutions in the form (7), direct integration of the original system of differential equations was also carried out with the solutions reaching the mode of steady motion.

In this case, the integration was carried out by the Runge-Kutta method, which turns out to be satisfactory in terms of calculation stability. To solve on a computer,

system of equations (7) is used in conical form. For this, the following notation has been introduced:

$$x_1 = y_1; \quad \varphi_1 = y_5; \quad x_2 = y_2; \quad \varphi_2 = y_5; \quad \dot{x}_1 = y_3;$$
$$\dot{\varphi}_1 = y_7; \quad \dot{x}_2 = y_4; \quad \dot{\varphi}_2 = y_8. \tag{15}$$

After substituting (15) into (7), performing some transformations, we obtain:

$$F_1 = y_3; \; F_2 = \frac{1}{m_1}\left[k_{10}\rho \sin y_5 - (k_{10} + k_1)y_1 - \beta_1 y_1^3 - \varepsilon_1 y_3 - k_{12}(y_1 - y_2)\right];$$
$$F_3 = y_4; \; F_4 = \frac{1}{m_2}\left[k_{20}\rho \sin y_6 - (k_{20} + k_2)y_2 - \beta_2 y_2^3 - \varepsilon_2 y_4 + k_{12}(y_1 - y_2)\right];$$
$$F_5 = y_7; \; F = \frac{1}{J_1}\left[k_{10}\rho(y_1 - \rho \sin y_5)\cos y_5 + M_{10} - b_1 y_7 - g_1 y_7\right]; \tag{16}$$
$$F_6 = y_8; \; F_8 = \frac{1}{J_2}\left[k_{20}\rho(y_2 - \rho \sin y_6)\cos y_6 + M_{20} - (b_2 + g_2)y_8\right].$$

To implement the Runge-Kutta method scheme, subroutines were used to enter the initial parameters of the problem and initial conditions. The subroutine, composed of standard elements, uses the Runge-Kutta method scheme. The subroutine also includes a procedure for calculating the right-hand sides of the system of equations (7).

Solutions of the system of equations (7) correspond to the following initial conditions:

$$x_1 = x_2 = 0.002м; \quad \varphi_1 = \varphi_2 = 0; \quad \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 = 60c^{-1}; \quad \dot{x}_1 = \dot{x}_2 = 0;$$

The initial integration step was taken equal to 0.005 s for small values; 0.001 s for large k_{12}, k_{10}, k_{20}, k_1, k_2, β_1, β_2.

The results of calculations carried out on the basis of approximate relations and obtained as a result of direct integration of the original system of differential equations showed good agreement. Some of the calculation results are shown in Fig. 2.

In Figure 2 solid lines show the results obtained by the approximate method, and dotted lines show the results of direct integration.

The conducted research shows that resonant suited vibrating machines, when combined into a single system, relatively easily enter the self-synchronization mode and this mode is stably maintained when a number of system parameters change within a relatively wide range. This makes it possible to widely use the principle of sectioning when creating resonant vibrating machines and, in some cases, create heavy resonant vibrating machines from standard modules.

Experimental research. To carry out the experiments, a specially made steel mold *2* measuring 10x30x10 was rigidly attached to the vibration stand table. The steel mold was filled to the required level with concrete mixture *3*, after which the surface of the mixture was leveled (Fig. 4). On top, to compact the concrete mixture, a steel plate *4* was placed with two rigidly welded posts *5*, onto which springs with different diameters and stiffness coefficients were placed. Specially made cylindrical weights *6* are installed on the springs, freely moving back and forth along the racks;

the source of sound frequency oscillations for the VEDS-400 vibration stand (Fig. 5) was a GB-27 type generator.

The signal coming from the generator was amplified and the operation of the vibration stand *1* was controlled, respectively, using a stabilized amplifier and a SUPV-01A control panel.

DU-5 acceleration sensors were attached to the cylindrical weights. The same sensors are attached to the vibration table table. Using shunt and resistance magazines, the sensors were calibrated so that their readings, with the same specified mechanical parameters of the system, were equal to each other.

The acceleration of vibrations of the vibration stand table using the DM-162 vibration station varied from 0 to 4.5.

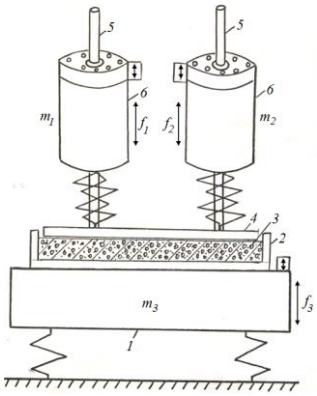


Fig. 4. Vibration stand

Fig. 5. Vibration stand VZDS-400

The experimental part of the work, which was carried out on a laboratory installation, can be divided into 3 main stages:

First stage: Conducting experiments usingweights installed on the plate (body).

Second phase: Conducting experiments using weights installed on equal plates (bodies).

Third stage: Experimental testing of the possibility of using self-synchronizing weights for compacting more rigid concrete mixtures.

First stage. At the beginning of the stage, weights with the same masses and with nonlinear elastic connections operating in a resonant mode were considered. Tuning to the resonant mode of oscillation of weights was carried out visually by rotating the knob of the frequency regulator of the sound generator in the range from 1 to 100 Hz. The resonant frequency value was measured with a 43-32 frequency meter. At the same time, stable synchronous and in-phase movement of the loads was observed. Even after an artificial stop of one of the loads, synchronism and phase alignment were instantly restored; to establish the phase relationships of the loads, similar experiments were carried out for various mass ratios of the loads (m_1/m_2 = 1.05; 1.1; 1.2; 1.3) and for different accelerations of kinematic excitation (Ag=0.3g; 0.5g; 1g; 1.5g).

At the end of the stage, similar experiments were repeated for a system with linear elastic connections. At the same time, in the resonant mode, such violations of the synchronism and in-phase movement of the weights were observed, such as the damping of the oscillations of one of the weights until a complete stop or the movement of the weights in ant phase. In conclusion of the experiment, it should be

noted that the non-resonant oscillation mode of a system with two weights does not ensure self-synchronization of these loads. And in this mode there can be no question of using weights to compact more rigid concrete mixtures.

Second phase. The formulation of such an experimental problem aims to study the influence of the fact of separation of the plate on which weights are installed on the effect of self-synchronization of their oscillations. At this stage, the entire cycle of experiments of the first stage was repeated and results similar to the results of the first stage were obtained. That is, stable synchronous and in-phase movement of the loads was observed in the resonant mode and with nonlinear elastic connections.

In addition, in both the first and second stages, the influence of the rigidity and thickness of the concrete mixture layers on the synchronism and in-phase movement of the loads was considered. It was found that these factors did not have a significant impact on the self-synchronization effect.

Third stage. To compact rigid concrete mixtures, effective external mechanical action (vibration) is necessary, and for particularly rigid (heavy, fine-grained, soil concrete) concrete mixtures, the use of vibration compaction in combination with a weight is required.

Experience in using vibration compaction technology with an inertial load indicates its high efficiency and opens up wide possibilities for application on existing and designed lines for the production of reinforced concrete products.

The question of the possibility of using two or more small-sized weights in the manufacture of long-length reinforced concrete products in order to increase their strength characteristics is of interest.

For strength testing, control samples were made from more rigid concrete mixtures, compacted using standard technology and using technology using two self-synchronizing weights. Two concrete mixture compositions were used: a normal mixture and a mixture with a reduced cement content. Using standard technology (on a VZDS-400 vibration stand, Fig. 5), five samples were molded from a mixture of normal composition; using the proposed technology, five samples from a mixture of normal composition and five samples from a mixture with a reduced cement content.

After 28 days of normal hardening, the samples were tested for compression on a PSU-50 testing machine. Based on the test results, the compressive strength limits of the specimens Рсж were determined, which are presented in Table. 1.

Analysis of tabular data indicates an increased efficiency of the vibration-impact mode of vibration seals compared to the standard harmonic one. This is expressed as follows.

Firstly, the use of shock vibration, achieved with the help of self-synchronizing loads, instead of the usual harmonic one, allows (without changing the composition of the concrete mixture) to increase the compressive strength of concrete by an average of 25-31%.

Secondly, the shock mode of vibration makes it possible to reduce consumption by 10.1 (compared to its content in a mixture of normal composition) and at the same time not “lose” in the strength of concrete.

Thirdly, the proposed method of vibration compaction of the concrete mixture ensures the production of concrete products of a higher density than with known methods, as well as a decrease in water absorption and an increase in the frost resistance of products.

Table 1

Strength test results

	Vibration compaction using standard technology		Vibration compaction using weights			
	Normal mixture		Normal mixture		Mixture with reduced cement content	
	400 kg/m^3	300 kg/m^3	400 kg/m^3	300 kg/m^3	360 kg/m^3	270 kg/m^3
1	20.1	13.5	30.2	20.4	21.4	14.1
2	19.4	14.2	29.4	19.2	21.1	15.0
3	22.2	12.8	28.6	21.3	23.4	13.6
4	22.0	14.3	28.0	20.6	21.3	14.5
5	23.3	14.4	27.8	19.4	21.8	15.3
Average	21.4	13.6	28.8	20.18	21.8	14.56

A Delphi program was compiled that allows visual observation of the movements of the dynamic system under consideration (Fig. 6). The program allows you to vary the basic parameters of the system. In addition, a program has been compiled in the Maple language that allows obtaining, on the basis of the scheme under consideration, the kinematic parameters of a dynamic system. Figures 7 and 8 show the synchronous movement of blocks.

The results show that the self-synchronizing mode in these machines is maintained by the device when changing a number of system parameters within a relatively wide range.

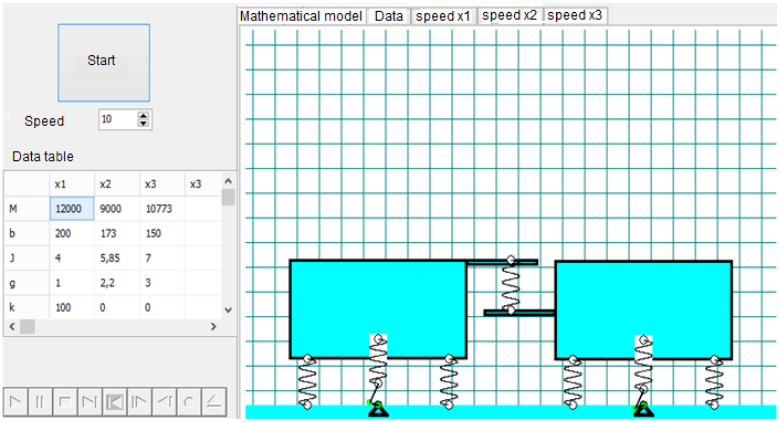


Fig. 6. Observation of the movements of the dynamic system under consideration

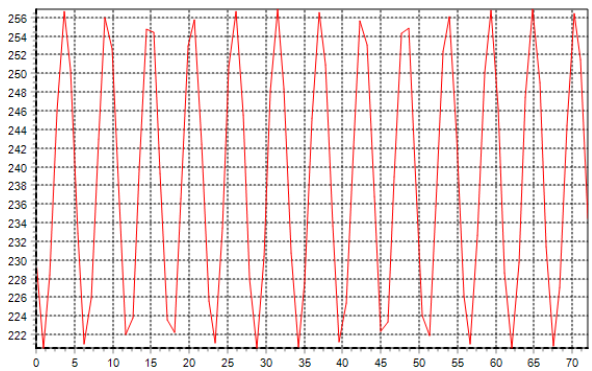


Fig. 7. Moving the first block

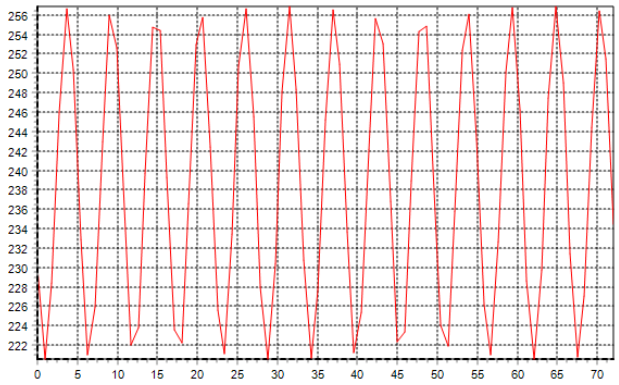


Fig. 8. Moving the second block

Conclusion. The problems of self-synchronization of a dynamic system of a resonant type with two degrees of freedom are considered. A theory is given about the property of the natural frequencies of sectioned systems. An approximate periodic solution corresponding to the self-synchronization mode is constructed. The parameter ranges leading to a periodic regime are investigated. The possibility of block design of resonant vibrating machines for technological purposes has been established. Mathematical modeling of transient and stationary modes of a number of resonant vibrating machines in block design has been carried out. The results of mathematical modeling of the problem using numerical methods (Maple, Delphi) are presented. The use of the results of theoretical studies makes it possible to abandon the rigid kinematic synchronization of the rotors of vibration systems, which leads to a reduction in the energy intensity of the equipment. A methodology has been proposed and devices have been developed for experimental research of the basic laws and characteristics of the technological process of vibratory compaction of concrete mixtures. It has been established that this method makes it possible to obtain concrete products of higher density than with known methods. In this case, water absorption decreases by 15-25%, and strength characteristics increase by 25-31%.

Experience in using vibration compaction technology with an inertial load indicates its high efficiency and opens up wide possibilities for application on existing and designed lines for the production of reinforced concrete products.

The conducted research shows that resonant single-mass vibrating machines, when combined into a single system, relatively easily enter the self-synchronization mode and this mode is stably maintained when a number of system parameters change within a relatively wide range. This makes it possible to widely use the principle of sectioning when creating resonant vibrating machines and, in some cases, create heavy resonant vibrating machines from standard modules.

References

1. Kryukov, B.M. Dinamika suschestvenno nelineinykh sistem [Dynamics of essentially nonlinear systems]. – Moscow: Mechanical engineering, 2008. – 270 p. [in Russian].
2. Kryukov, B.I., Litvin, L.M. Novye rezonansnye vibratsionnye platformy [New resonant vibration platforms]. – Moscow: Science, 2006. – 243 p. [in Russian].
3. Kononenko, V.O. Kolebatel'nye sistemy s ogranichennym vozbuzhdeniem [Oscillatory systems with limited excitation]. – Moscow: Science, 2004. – 254 p. [in Russian].
4. Blekhman, I.I. Sinkhronizatsiya dinamicheskikh sistem [Synchronization of dynamic systems]. – Moscow: Science, 2022. – 894 p. [in Russian].
5. Fominova O.V., Savin L.A., Chernyshev V.I. Dinamika sistem vibrozashchity s upravlyaemym zvenom [Dynamics of vibration protection systems with a controlled

linkage mechanism] // Bulletin of Bryansk State Technical University. – 2019. – No. 12(85). – P. 12. [in Russian].
6. Blekhman, I.I. Samosinkhronizatsiya v tekhnike i prirode [Self-synchronization in technology and nature]. – Moscow: Science, 2008. – 345 p. [in Russian].
7. Panovko G.Ya., Shokhin A.E. Samosinkhronizatsiya ineritsionnykh vibrovozbvditelei v dvukhmassovykh vibromashinakh s dopolnitelnym uprugim elementom, ustanovlennym s zazorom [Self-synchronization of inertial vibration exciters in dual-mass vibration machines with an additional elastic element installed with a gap] // Problems of mechanical engineering and automation. – 2022. – No. 4. – P. 16. [in Russian].
8. Panovko G.Ya., Shokhin A.E. Osobennosti dinamiki mekhanicheskikh sistem s samosinkhroniziruyushchimisya vibrovozbvdityelyami v oblasti rezonansnykh chastot vozbuzhdeniya [Features of the dynamics of mechanical systems with self-synchronizing vibration exciters in the region of resonant excitation frequencies] // VIII International Conference “Problems of Mechanics of Modern Machines”. Collection of conference papers, 2022. – P. 166-173. [in Russian].
9. Panovko G.Ya., Shokhin A.E. Samosinkhronizatsiya ineritsionnykh vibrovozbvditelei v sisteme s uprugim ogranichitelem [Self-synchronization of inertial vibration exciters in a system with an elastic limiter] //Advanced Problem in Mechanics. III. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Springer, Cham, 2023. – P. 291-297. [in Russian].
10. Panovko G. Ya., Shokhin A. E. Samosinkhronizatsiya ineritsionnykh vibrovozbvditelei v sisteme s uprugim ogranichitelem [Self-synchronization of inertial vibration exciters in a system with an elastic limiter] // Cybernetics and Physics. – 2021. – Vol. 10. – Iss. 2. – P. 59-62. [in Russian].
11. Guskov A.M., Panovko G.Ya., Shokhin A.E. Chislenniy analiz okolorezonansnykh kolebanii vibrotekhnologicheskoi mashiny s samosinkhroniziruyushchimsya disbalansom [Numerical Analysis of the Near-Resonant Vibrations of a Vibrating Technological Machine with Self-synchronizing Unbalance] // Electromechanics and Robotics. Smart Innovation, Systems and Technologies. – Springer Nature Switzerland AG, 2021. – Vol. 232. – P. 487-496. [in Russian].
12. Guskov A. M., Panovko G. Ya., Shokhin A. E. Dinamika rotornoi sistemy vibratsionno–tsentrobezhnogo separatora s uprugim ogranichitelem [Dynamics of the Rotor System of a Vibrational-Centrifugal Separator with an Elastic Limiter] //Vibration Limiter Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2022. – Vol. 51. – Is. 8. – P.733-745. [in Russian].
13. Panovko G. Ya., Shokhin A. E. Osobennosti dinamiki rezonansnoi vibromashiny s samosinkhroniziruyushchimisya inertsionnymi vibrovozbvdityelyami pri nalichii ogranichitelya kolebanii [Dynamics features of a resonant vibromachine with self-synchronizing inertial vibroexciters in the presence of vibration limiter] // Journal of Vibroengineering. – 2021. [in Russian].
14. Lyapunov, A.M. Obshchaya zadacha ob ustoichivosti dvizheniya [General problem of motion stability]. – Moscow: Gostekhizdat, 1980. – 471 p. [in Russian].
15. Kryukov B.I., Sredovich G.I. Osobennosti proyavleniya subgarmonicheskikh rezonansov v sistemakh, opisivaemykh uravneniem Daffinga [Features of the manifestation of subharmonic resonances in systems described by Duffing equations] // Izv. AN SSSR. MTT. – 1982. – No. 5. – P. 16-21. [in Russian].
16. Kryukov, B.I. Samosinkhronizatsiya vibratsionnykh mashin [Self-synchronization of vibration machines]. – Moscow: Mechanical Engineering, 2007. – No. 2. [in Russian].
17. Blekhman I.I., Basil’kov V.B., Yaroshevich N.P. Nekotorye vozmozhnosti improvizatsii vibratsionnykh mashin s samosinkhroniziruyushchimisya inertsionnymi vibrovozbvdityelyami [Some opportunics of improvisation of vibration machines with self-synchronized inertial vibration exciters] // Bulletin of Science and technical Development. – 2013. – No. 5(69). – P.3-8. [in Russian].
18. Kryukov B. I. Samosinkhronizatsiya rezonansnykh vibroplatform [Self-synchronization of resonant vibration platforms]. – Moscow: Izv. Universities, 1988. – No. 1. [in Russian].
19. Krestnikovskii K.V., Panovko G.Ya., Shokhin A.E. K voprosu o samosinkhronizatsii inertsionnykh vibrovozbvdityelei v oblasti rezonansnykh chastot vozbuzhdeniya [On the

problem of self-synchronization of inertial vibration exciters in the region of resonant excitation frequencies] // Mechanical engineering and engineering education. – 2021. – No. 1-2 (66). – P. 54-61. [in Russian].

20. Koshelev A.V., Dentsov N.N. Rotorno-mayatnikovaya samosinkhronizatsiya parametricheskikh vibrovozbvdityelei na izotropnoi uprugoi osnove [Rotor-pendulum self-synchronization of parametric vibration exciters on an isotropic elastic base] // Bulletin of Samara University. Aerospace engineering, technology and mechanical engineering. Mechanics and mechanical engineering. – 2018. [in Russian].
21. Krestnikovskii K. V., Liang I. P., Shokhin A. E. Sravnitel'nyi analiz algoritmov zadaniya i podderzhaniya rezonansnogo rezhima raboty vibratsionnykh mashin [Comparative analysis of algorithms for setting and maintaining the resonant operating mode of vibration machines] // Mechanical engineering and engineering education. – 2022. – No. 3-4. – P. 35-46. [in Russian].

Received: 27 March 2025
Accepted: 22 June 2025

А.У. Нуримбетов[1], А.Т. Жакаш[1], С.Ж. Салыбаев[1], Е.А. Жакашова[1]

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

ТЕРБЕЛІС МАШИНАЛАРЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗДІГІНЕН СИНХРОНДАУ

Аңдатпа. Екі еркіндік дәрежесі бар резонанстық үлгідегі динамикалық жүйені өздігінен синхрондау міндеттері қарастырылады. Серпінді жүйелер ретінде серпінді байланыспен байланысқан бір пластиналы резонансты екі тербелісті машинаны өздігінен синхрондау мүмкіндігі қарастырылған. Секцияланған жүйелердің меншікті тербеліс жиіліктерінің қасиеті туралы теория келтірілген. Өзін-өзі синхрондау режиміне сәйкес келетін жақындатылған мерзімдік шешім құрылған. Кезеңдік режимге әкелетін параметрлер аумағы зерттелген. Технологиялық мақсаттағы резонансты тербеліс машиналарын блоктап орындау мүмкіндігі белгіленген. Блоктық орындаудағы резонансты тербеліс машиналарының бірқатар конструкцияларының өтпелі және стационарлық режимдерін математикалық модельдеу жүргізілген. Жұмыста сандық әдістермен математикалық модельдеу (Maple, Delphi) нәтижелері келтірілген. Теориялық зерттеулердің нәтижелерін пайдалану тербеліс жүйелерінің роторларын қатаң кинематикалық синхрондаудан бас тартуға мүмкіндік береді, бұл жабдықтың энергия сыйымдылығын азайтуға алып келеді. Бетон қоспасын тербеліс тығыздаудың технологиялық процесінің негізгі заңдылықтары мен сипаттамаларын эксперименттік зерттеуге арналған әдістеме ұсынылып, құрылғылар әзірленген. Жүргізілген зерттеу резонансты бір массалы тербеліс машиналары оларды бірыңғай жүйеге біріктірген кезде салыстырмалы түрде өздігінен синхрондау режиміне оңай кіретінін және бұл режим салыстырмалы түрде кең ауқымда жүйенің бірқатар параметрлері өзгерген кезде тұрақты ұсталатынын көрсетген. Бұл резонансты тербеліс машиналарын жасау кезінде секциялау қағидатын кеңінен пайдалануға және бірқатар жағдайларда стандартты модульдерден ауыр резонансты тербеліс машиналарын жасауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс белгілі тәсілдерге қарағанда неғұрлым жоғары тығыздықтағы бетон бұйымдарын алуға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл ретте су сіңіру 15-25%-ға азаяды, ал беріктік сипаттамалары 25-31%-ға ұлғаяды.

Тірек сөздер: синхрондау, тербелмелі машиналар, тербеліс күшейткіштер, тербеліс алаңдары, серпімді байланыстар, автономды жүйелер.

А.У. Нуримбетов[1], А.Т. Жакаш[1], С.Ж. Салыбаев[1], Е.А. Жакашова[1]

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

САМОСИНХРОНИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ВИБРАЦИОННЫХ МАШИНАХ

Аннотация. Рассматриваются задачи самосинхронизации динамической системы резонансного типа с двумя степенями свободы. В качестве динамических систем рассматривается возможность самосинхронизации двух одномастных резонансных вибромашины, связанных упругой связью. Приводится теория о свойстве частот собственных колебаний секционированных систем. Строится приближенное периодическое решение, соответствующее режиму самосинхронизации. Исследуются области параметров, приводящие к периодическому режиму. Установлена возможность блочного исполнения резонансных вибромашин технологического назначения. Проведено математическое моделирование переходных и стационарных режимов ряда конструкции резонансных вибромашин в блочном исполнении. Приводится результаты математического моделирования задачи численными методами (Maple, Delphi). Использование результатов теоретических исследований позволяют отказаться от жестких кинематических синхронизации роторов вибросистем, что приводит к уменьшению энергоемкости оборудования. Предложена методика и разработаны устройства для экспериментального исследований основных закономерностей и характеристик технологического процесса виброуплотнении бетонной смеси. Проведенное исследование показывает, что резонансные одномассные вибромашины при объединении их в единую систему сравнительно легко входят в режим самосинхронизации и этот режим устойчиво удерживается при изменении ряда параметров системы в сравнительно широких пределах. Это позволяется при создании резонансных вибромашины широко использовать принцип секционирования и в ряде случаев создавать тяжелые резонансные вибромашины из стандартных модулей. Установлено, что данный метод позволяет получить бетонные изделия более высокой плотности, чем при известных способах. При этом водопоглащение уменьшается на 15-25%, а прочностные характеристики увеличивается на 25-31%.

Ключевые слова: синхронизация, вибрационные машины, вибровозбудители, виброплощадки, упругие связи, автономные системы.

МРНТИ 30.15.35: 55.65.51

Н.М. Весельский[1] – *основной автор*,
А.П. Цой[2], **Д.Е. Лоенко**[3]

[1,3]*Магистрант,* [2]*Д-р техн. наук, профессор*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-3087-3326* [2]*https://orcid.org/0000-0002-3073-6698*
[3]*https://orcid.org/0009-0002-1334-3400*

[1,2,3]*Алматинский технологический университет,*
г. Алматы, Казахстан

@ [1]*nik.stor2335363@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/JLIC7148

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИСПАРИТЕЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА

Аннотация. Данная работа посвящена разработке комбинированного радиационно-испарительного конденсатора для холодильной системы, работающей на природном хладагенте R290. В данном устройстве объединены два пассивных метода охлаждения: теплоотвод за счет излучения в «холодное небо» и испарение воды. Создан экспериментальный прототип, который был подвергнут испытаниям. Результаты показали, что при внешней температуре +25°C и влажности около 60% комбинированный конденсатор способен отводить до 650 Вт/м² тепла, что на величину от 25% до 30% превышает эффективность традиционного воздушного конденсатора. Достигнуто снижение нагрузки на компрессор и энергопотребления (~15-20% годовой экономии), подтверждая перспективность предлагаемого подхода.

Ключевые слова: радиационно-испарительный конденсатор, пассивное охлаждение, радиационное охлаждение, испарительное охлаждение, энергоэффективность, холодопроизводительность, R290 (пропан).

Весельский, Н.М. Разработка и исследование радиационно-испарительного конденсатора [Текст] / Н.М. Весельский, А.П. Цой, Д.Е. Лоенко //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.396-411. https://doi.org/10.55956/JLIC7148

Введение. Современные требования к энергоэффективности холодильных и климатических систем продиктованы ростом энергопотребления и ужесточением экологических стандартов. Традиционные конденсаторы с принудительным воздушным или водяным охлаждением требуют значительных энергозатрат и потребления воды. Одним из перспективных направлений повышения эффективности и экологической устойчивости является использование пассивных методов теплоотдачи – радиационного охлаждения и испарительного охлаждения – в одном аппарате. Такая комбинация способна обеспечить высокий удельный отвод тепла (до 500-700 Вт/м²) при стабильной работе в различных климатических условиях без внешнего энергоподвода.

Актуальность данного исследования обусловлена стремлением снизить долю энергоёмких компрессорных холодильных машин в условиях

декарбонизации экономики. Комбинированный радиационно-испарительный конденсатор использует одновременно «холод космоса» и охлаждение за счёт испарения влаги, достигая суммарного эффекта, недостижимого традиционными методами. При этом применение безопасного природного хладагента пропана (R290) с низким потенциалом глобального потепления делает такой подход особо актуальным.

Целью работы является разработка, создание и экспериментальная проверка эффективности радиационно-испарительного конденсатора на хладагенте R290

Объект исследования – процесс теплообмена в конденсаторах холодильных установок, в том числе в комбинированных радиационно-испарительных системах. *Предмет исследования* – конструктивные и теплотехнические особенности радиационно-испарительного конденсатора, а также методы его расчёта, моделирования, изготовления и экспериментального исследования

Научная новизна работы заключается в определении удельного теплового потока радиационно-испарительного охлаждения в течении суток и годового периода

Практическая ценность подтверждается тем, что опытный образец позволил снизить энергопотребление на конденсацию на ~25-30% по сравнению с традиционным воздушным конденсатором. Настоящая работа формирует научно-практическую базу для внедрения радиационно-испарительных конденсаторов, отвечающих современным требованиям энергоэффективности и экологической безопасности.

Обзор литературы. Радиационное охлаждение. Процесс радиационного (лучистого) охлаждения основан на излучении тепловой энергии поверхностью в длинноволновом инфракрасном диапазоне в открытое небо (так называемое «небесное окно» 8-13 мкм). В ночное время при ясной погоде поверхность-излучатель может отдавать тепло излучением в космос и охлаждаться до температур ниже температуры окружающего воздуха без затрат электроэнергии. Однако мощность такого пассивного охлаждения относительно невелика – порядка 100 Вт/м², и эффективность сильно зависит от метеоусловий (ночью, при отсутствии облачности). Максимальное снижение температуры, достигаемое типичным радиационным охладителем за ночь, составляет около 10-11°C относительно окружающей среды. Днём же чисто радиационные панели практически не работают из-за поглощения солнечного излучения. Схема работы ночного пассивного радиационного охлаждения представлена на рисунке 1.

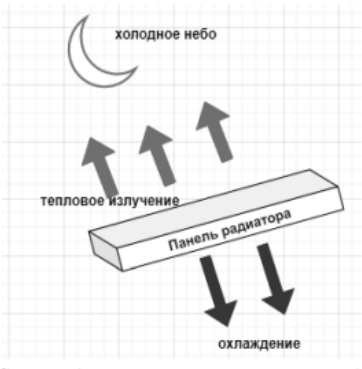
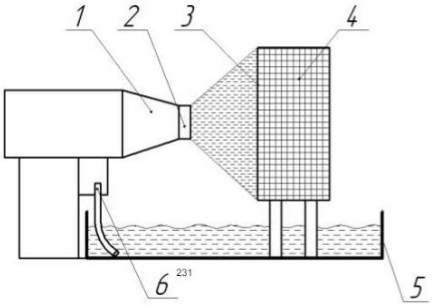


Рис. 1. Схема работы ночного пассивного радиационного охлаждения

Испарительное охлаждение. Данный метод основан на поглощении теплоты испаряющейся водой. При испарении 1 кг воды поглощается около 2440 кДж теплоты (при 25°C), что обеспечивает значительный охлаждающий эффект. Испарительное (адиабатическое) охлаждение широко применяется в градирнях и испарительных конденсаторах. Теоретически, при сухом воздухе и высокой начальной температуре воды, испарительное охлаждение может отводить до ~320 Вт/м² тепла (при 30°C). На практике эффективность ограничена влажностью воздуха: метод хорошо работает только в сухом климате, требуя постоянной подачи воды, и его эффективность падает при повышении относительной влажности. Схема работы обдуваемого испарительного конденсатора представлена на рисунке 2.



1 – направляющая потока воздуха; 2 – сопла форсунок; 3 – обдуваемая и орошаемая поверхность; 4 – корпус конденсатора; 5 – поддон с водой; 6 – патрубок забора воды [1].

Рис. 2. Схема обдуваемого испарительного конденсатора

Комбинирование радиационного и испарительного охлаждения. Объединение двух пассивных методов – лучистого и испарительного – позволяет компенсировать недостатки каждого из них за счет достоинств другого. Радиационное охлаждение эффективно при ясном небе и способно охлаждать ниже температуры воздуха, но ограничено по мощности; испарение дает больший тепловой поток, но требует сухого воздуха и расхода воды. Комбинированный подход способен обеспечить более высокую суммарную холодопроизводительность в разных условиях без активных затрат энергии. В последние годы появилось множество исследований, посвящённых таким гибридным системам.

Так, Farmahini-Farahani и Heidarinejad [2] изучили гибридную систему, объединяющую ночное радиационное охлаждение и двухступенчатое испарительное охлаждение, в разных климатических зонах Ирана. Экспериментально показано снижение температуры воздуха на 20-24°C (в зависимости от региона) при работе системы, а энергоэффективность (отношение охлаждающего эффекта к затратам на испарение) достигала ~50%. Другое исследование [3] продемонстрировало возможность охлаждать воду в аккумуляторе холода за одну ночь, сочетая излучающий радиатор и прямое испарительное охлаждение в климате Тегерана. Amir и Van Hout [3] разработали математическую модель для оптимизации такой гибридной системы, учитывающую погодные данные и циклы работы, модель позволила оценить энергозатраты и эффективность за длительный период.

Для повышения эффективности пассивного охлаждения в дневное время применяются специальные решения. Например, использование селективных покрытий и экранов, прозрачных в ИК-диапазоне, но отражающих солнечное излучение, позволяет радиаторам излучать тепло днём, минимизируя нагрев от солнца. Kecebas и соавторы [4] показали, что многослойные тонкопленочные покрытия с чередованием диэлектриков могут снизить поглощение солнечной энергии радиатором до минимальных значений, существенно повышая эффективность дневного излучательного охлаждения. В работе Li и др. [5] предложен двухслойный пассивный tandem-охладитель, сочетающий излучающую мембрану из ацетата целлюлозы и гигроскопичный гидрогель PVA-$CaCl_2$; такая система способна эффективно отражать солнечный свет и использовать испарение для охлаждения, обеспечивая как ночное, так и дневное пассивное охлаждение. Mao и др. [6] разработали трёхслойную испарительно-излучающую мембрану с прослойкой из пористого аэрогеля, которая пропускает пар и инфракрасное излучение, но задерживает тепло. Включение всего 2 мм аэрогеля позволило замедлить испарение воды и продлить действие охлаждения примерно в 11 раз, одновременно обеспечивая дополнительное радиационное охлаждение (~1,4°C спад температуры) [6]. Таким образом, «дышащая» теплоизоляция обеспечивает дозированное испарение и высокую эффективность комбинированного метода.

Обобщая литературные данные, можно отметить, что гибридные радиационно-испарительные системы достигают существенно большей холодопроизводительности по сравнению с раздельными методами. В пиковых режимах суммарный тепловой поток способен достигать 500-700 Вт/м², тогда как чисто радиационные охладители обычно ограничиваются ~100 Вт/м². Кроме того, комбинированный подход расширяет диапазон условий, в которых пассивное охлаждение эффективно (включая более влажный воздух ночью и солнечное излучение днём за счёт экранов и отражателей).

Отечественными исследователями также подтверждена перспектива использования эффективного излучения в системах охлаждения. В работах А.П. Цой и соавторов проведено моделирование кондиционера воздуха с радиационным охлаждением и показано существенное влияние климатических факторов (температуры и влажности окружающей среды) на его работу [7]. Эти исследования легли в основу разработки нового типа конденсатора, сочетающего излучение и испарение для достижения максимальной энергоэффективности.

Условия и методы исследования. Для оценки теплотехнических характеристик радиационно-испарительного конденсатора использовались обоснованные инженерные расчёты, базирующиеся на известных уравнениях теплообмена и данных из научной литературы. Расчёты учитывали основные механизмы отвода тепла – радиационное излучение и испарение воды – с учётом климатических факторов, таких как температура окружающей среды и относительная влажность воздуха. Такой подход позволил предварительно определить рабочие параметры установки и спрогнозировать её эффективность до проведения экспериментальных испытаний.

Выбор хладагента. В установке используется пропан (R290) – природный хладагент, обладающий нулевым озоноразрушающим потенциалом (ODP = 0) и крайне низким потенциалом глобального потепления (GWP ≈ 3) . Это примерно в 600 раз меньше GWP широко

применяемого R134a, что существенно снижает климатическое воздействие системы. Кроме экологических преимуществ, R290 имеет благоприятные термодинамические свойства: высокая удельная теплота парообразования (≈426 кДж/кг, почти вдвое выше, чем у R134a) обеспечивает эффективное поглощение тепла при конденсации. Более низкая кинематическая вязкость пропана (≈11,3 μПа·с при 25°C против 13,6 μПа·с у R134a) уменьшает гидравлические потери при течении по трубкам конденсатора. Эти свойства учитывались при моделировании рабочих процессов и выборе размеров теплообменника.

Расчёт радиационного теплоотвода. Радиатор, применяемый для охлаждения теплоносителя эффективным излучением в холодильной системе, находится во взаимодействии с окружающей средой. Поэтому радиационное охлаждение происходит в результате эффективного излучения пластины радиатора и конвективного теплопритока. В зависимости от температуры радиатора (теплоносителя) по сравнению с температурой окружающей среды, в отличии от постоянного отвода тепла за счет эффективного излучения q_{ef}, конвективный теплоприток q_{conv} может подводиться или отводиться.

$$q_{rad} = q_{ef} \pm q_{conv}. \tag{1}$$

В случае, если температура окружающей среды ниже температуры радиатора, то конвективное тепло отводится $(+q_{conv})$, выполняется условие:

$$q_{rad} = q_{ef} + q_{conv} \tag{2}$$

Практически применяется такой режим.

В случае, если температура окружающей среды выше температуры радиатора, то конвективное тепло будет подводиться $(-q_{conv})$, выполняется условие:

$$q_{rad} = q_{ef} - q_{conv} \tag{3}$$

Количество теплоты, передаваемое за счет конвекции с поверхности площадью 1 м^2 определяется по формуле [8].

$$q_{conv} = \alpha \cdot (T_{rad} - T_{amb}), \tag{4}$$

Конвективный теплоприток от излучающей поверхности, зависит от многих внешних и конструктивных параметров радиатора: скорости ветра, формы излучающей поверхности, расположения и других условий. Поэтому он может очень сильно изменяться.

Для проведения расчетов примем, что ветер не обдувает поверхность радиатора. Поэтому расчет ведем для теплообмена при естественной конвекции на плоской горизонтальной поверхности, обращенной лицевой стороной вверх. Для этого случая коэффициент теплоотдачи может быть определен по формуле [9]:

$$a = 1{,}78(T_{rad} - T_{amb})^{\frac{1}{3}} \tag{5}$$

По заданным температурам излучающей поверхности и воздуха, можно определить коэффициент теплоотдачи и средний за ночь тепловой поток с поверхности излучающей пластины.

Тогда общее количество отведенного тепла, которое может быть произведено за одну ночь:

$$Q_{\text{н}} = 3600\left(q_{ef} \pm q_{\text{конв}}\right)\tau_{\text{н}}, \quad (6)$$

где: q_{ef} – поток эффективного излучения, Вт/м^2; $\tau_{\text{н}}$ – продолжительность ночи, равная времени между закатом и восходом солнца, часов.

Для расчета потока эффективного излучения будем использовать формулу предложенную в работе [10]:

$$E_{\text{эф}} = \delta_{\text{ип}}\sigma(T_{\text{ип}}^4 - T_{\text{н}}^4). \quad (7)$$

Для расчета условной температуры неба $T_{\text{н}}$ используется следующая формула:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{в}} \cdot (\delta_{\text{н}} + CF_{al})^{0,25} \cdot CF_{cl}^{0,25}, \quad (8)$$

$$CF_{cl} = 1 + 0{,}0224R_2 - 0{,}0035R_2^2 + 0{,}00028R_2^3 \quad (9)$$

$$CF_{al} = 0{,}12(p_{\text{ат}} - 1);$$

$$\delta_{\text{н}} = 0{,}787 + 0{,}764\, ln\, ln\, \left(\frac{T_{\text{ро}}}{273}\right).$$

В формулах использованы следующие обозначения: $T_{\text{ип}}$, $T_{\text{н}}$, $T_{\text{в}}, T_{\text{ро}}$ – соответственно температуры излучающей поверхности радиатора, ночного неба, воздуха и точки росы воздуха, К; σ – постоянная Стефана-Больцмана, $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4); $\delta_{\text{ип}}$, $\delta_{\text{н}}$ – относительная излучательная способность поверхности радиатора и безоблачного ночного неба; $p_{\text{ат}}$ – атмосферное давление, бар; c – коэффициент показывающий, как изменяется влияние облачности на величину эффективного излучения в зависимости от географической широты местности, для которой проводятся расчеты; R_1 – общая степень облачности в долях единицы, $0 \leq R \leq 1$; R_2 – степень облачности ночного неба, баллов. Для безоблачного неба $R = 0$, а для полностью закрытого облаками неба $R = 10$; CF_{al} – коэффициент, учитывающий высоту расположения излучающей поверхности над уровнем моря. При подъеме на большую высоту уменьшается толщина атмосферы и увеличивается величина потока эффективного излучения. CF_{cl} – коэффициент, учитывающий влияние облачности на величину эффективного излучения в зависимости от географической широты местности, для которой производятся расчеты.

Общее количество холода, которое может быть произведено идеальной холодильной системой за одну ночь определим по формуле:

$$Q_{\text{н}} = 3600E_{\text{эф}}\tau_{\text{н}}, \quad (10)$$

где: $E_{эф}$ – поток эффективного излучения, Вт/м^2; $\tau_н$ – продолжительность ночи, равная времени между закатом и восходом солнца, часов.

Применяя формулы для расчета потока эффективного излучения и подставляя значения температуры воздуха, точки росы, излучающей поверхности, облачности и атмосферного давления, рассчитаем средне ночные значения потока эффективного излучения. Далее по формуле (2) на основе данных о продолжительности ночи рассчитаем количество холода, получаемое за ночь. Аналогичные вычисления проведем для каждой ночи рассматриваемого периода. Просуммировав полученные количества холода за каждую из ночей, получим суммарное количество холода за месяц и за год в целом, при этом в расчет берутся только те дни, когда охлаждающий эффект был положительный.

Расчёт испарительного охлаждения. Испарительное охлаждение основано на физическом процессе поглощения теплоты при переходе жидкости в пар. Когда вода испаряется с поверхности, она поглощает значительное количество теплоты из окружающей среды (в основном из воздуха и поверхности, с которой испаряется), тем самым понижая её температуру.

Основное уравнение теплообмена при испарении [11]:

$$q = m_{исп} \cdot r \tag{11}$$

где: q – количество теплоты, отводимое за счёт испарения, Вт; $m_{исп}$ – масса испаряющейся воды в единицу времени, кг/с; r – удельная теплота парообразования (для воды при 25°C ≈ 2440 кДж/кг).

Испарительное охлаждение особенно эффективно в условиях сухого и тёплого климата, при низкой относительной влажности воздуха.

Процесс испарения сопровождается *массообменом между поверхностью жидкости и потоком воздуха.* Скорость испарения зависит от: разности парциальных давлений водяного пара на поверхности жидкости и в воздухе, скорости обдува (конвекции), температуры воздуха и жидкости, площади поверхности испарения.

Формула для расчёта массы испаряющейся воды [11]:

$$m_{исп} = A \cdot (\mathrm{T}_s - \mathrm{T}_a), \tag{12}$$

где: β – коэффициент массообмена, кг/(м²с·Па); A – площадь испарения, м²; T_s – давление насыщенного пара на поверхности воды; T_a – парциальное давление пара в окружающем воздухе.

В инженерной практике также используется аналог теплопередачи (формула Льюиса):

$$q = h_d \cdot A \cdot (T_s - T_a) \tag{13}$$

$$0{,}001 \cdot 0{,}4 \cdot (9600 - 1170) \cdot 1 = 3{,}372 кг$$

где, h_d — эффективный коэффициент теплообмена, Вт/(м²·К).

Испарение воды с поверхности конденсатора обеспечивает дополнительное охлаждение за счет поглощения теплоты испарения.

Количество теплоты, отводимой за счет испарения, можно рассчитать по формуле:[11]

$$Q_e = m_w * \lambda\,, \tag{14}$$

где: Q_e – тепловой поток за счет испарения; m_w – масса испаряемой воды; λ – теплота испарения воды.

$$Q_e = 3.372 \cdot 2260000 = 7620720\text{Дж}$$

$$Q_e = \frac{7620720\text{Дж}}{3600} = 2116{,}86\text{Вт} \cdot \text{ч}$$

Для эффективной работы испарительного охлаждения необходимо обеспечить следующие условия [12]:

1. Высокая температура поверхности (по отношению к температуре воздуха): чем выше температура жидкости, тем выше давление насыщенного пара, и тем интенсивнее испарение.
2. Низкая относительная влажность воздуха: чем суше воздух, тем выше градиент концентрации пара и, следовательно, интенсивность испарения.
3. Повышенная скорость воздуха: обдув поверхности снижает парциальное давление у границы фаз, способствуя испарению.
4. Большая площадь смачиваемой поверхности: повышает площадь фазового контакта и, следовательно, общую массу испарившейся воды.
5. Поддержание непрерывной подачи воды: обеспечивает стабильность процесса и компенсирует испаряющиеся потери.

Также важно учитывать: температуру воды, качество воды (наличие солей и загрязнений), наличие каплеуловителей, предотвращающих унос капель.

Суммарный тепловой расчет. Плотность общего теплового потока от конденсатора складывается из радиационной и испарительной составляющих: $q_{\text{сумм}} = q_{\text{рад}} + q_{\text{исп}}$. Аналогично, суммарный коэффициент теплоотдачи комбинированного конденсатора можно представить как $\alpha_{\text{кв}} = \alpha_{\text{рад}} + \alpha_{\text{исп}}$. Согласно моделированию, для традиционного воздушного конденсатора оценивался средний коэффициент теплопередачи порядка 25 Вт/(м²·K), тогда как для радиационно-испарительного – около 65 Вт/(м²·K) (в том числе ~15 Вт/(м²·K) за счет излучения и ~50 Вт/(м²·K) за счет испарения). Эти расчётные значения затем были уточнены экспериментально.

Дополнительно была проведена расчетно-аналитическая оценка работы холодильного цикла на R290 с двумя вариантами конденсатора (воздушным и радиационно-испарительным) при разных температурах окружающей среды. Модель позволила спрогнозировать изменение холодильного коэффициента (COP) в зависимости от внешних условий. Ожидалось, что благодаря более эффективному отводу тепла новый конденсатор позволит поддерживать более низкое давление конденсации, повышая COP особенно при высоких температурах наружного воздуха.

Экспериментальная установка. На основе проведенных расчетов разработан конструктивный прототип радиационно-испарительного конденсатора и собрана лабораторная установка для его испытаний (рис. 3).

Конструкция конденсатора включает вертикально ориентированный змеевик с хладагентом, заключённый в кожух, по внешней поверхности которого стекает пленка воды. Снаружи размещена излучающая панель-радиатор. Каркас изготовлен из профильных труб с оптимальным зазором между испарительным кожухом и излучающей поверхностью, что обеспечивает равномерное распределение воды по всей площади охлаждения. Для смачивания поверхности применена система орошения: на верхней части конденсатора установлены форсунки малого расхода, питаемые насосом. Подача воды управляется программируемым реле, периодически включая насос, это поддерживает тонкую непрерывную пленку воды на излучающей панели при минимальном расходе жидкости. Поверхность радиатора покрыта специальным высокоэмиссионным покрытием (на основе оксида алюминия с добавками), обладает коррозионной стойкостью к воде и атмосферным воздействиям.

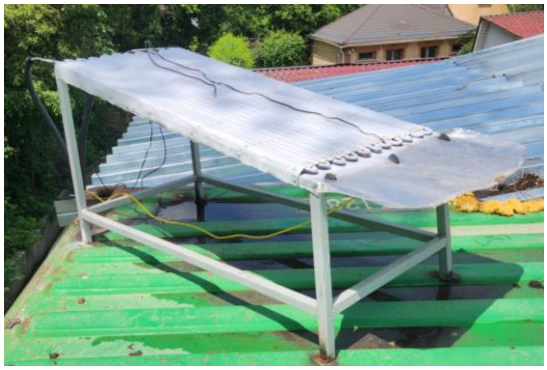


Рис. 3. Конструкция радиационно-испарительного конденсатора

Оборудование стенда. Экспериментальная холодильная установка (рис. 4) собрана по схеме одноступенчатой парокомпрессионной машины с двумя конденсаторами, между которыми можно переключаться. В состав стенда входят: герметичный компрессор, разработанный специально под пропан R290 (холодопроизводительность ~238 Вт при –23 °С), испаритель в виде охлаждаемой камеры объемом ~90 л (от бытового морозильника), стандартный воздушный конденсатор (теплообменник Алюминиевый, рассчитанный на ~980 Вт тепловой нагрузки) и ресивер хладагента объемом 1 л. Разработанный радиационно-испарительный конденсатор подключен параллельно воздушному через систему медных трубопроводов с вентилями. Переключая шаровые краны, можно направлять горячий газ от компрессора либо в штатный воздушный конденсатор, либо в радиационно-испарительный, что позволяет напрямую сравнить их работу в одинаковых условиях. Для контроля параметров в систему внедрено несколько точек отбора: установлены манометры и порты Шредера на линиях, термометры на входе и выходе конденсаторов, расходомер воды на входе оросителя и электроизмерительные приборы для мониторинга потребления компрессора и насоса. Такое исполнение обеспечивает сбор данных для расчета тепловых потоков и коэффициента холодопроизводительности установки.

Рис. 4. Конструкция экспериментального стенда

Проведение эксперимента. Испытания проводились в лабораторных условиях при окружающей температуре ~ +25°C и относительной влажности ~ 60%. Холодильная машина сначала выводилась на установившийся режим с воздушным конденсатором (этот режим служил контрольным). Затем конденсация переключалась на радиационно-испарительный конденсатор; при этом включалась система орошения: насос подавал воду к форсункам, смачивая панель. Ночью излучающая поверхность была направлена в зенит для максимального обзора небосвода. Измерялось давление конденсации, температура конденсатора, расход воды и энергопотребление насоса. Эксперименты проводились сериями, в том числе варьировался режим работы системы орошения (непрерывная подача воды vs. циклическая с паузами), чтобы найти оптимальный баланс между интенсивностью охлаждения и расходом воды/электроэнергии. Длительность каждого режима была достаточной для установления квазистационарной работы системы. Полученные данные сравнивались с расчетными прогнозами модели. Гидравлическая схема установки приведена на рисунке 5.

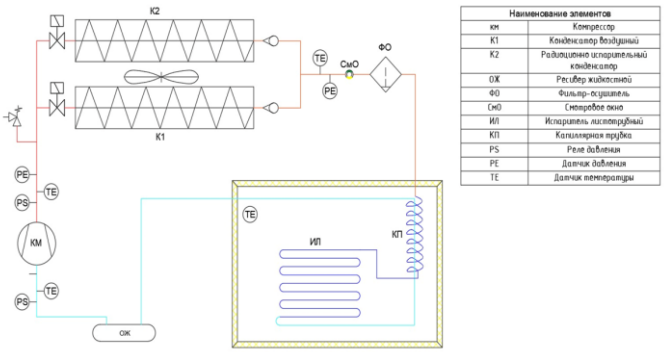


Рис. 5. Гидравлическая схема установки

Методика эксперимента. Программирование режимов испытаний. Настройка параметров старта: первоначальная температура камеры (+9°С). Условия для достижения целевых значений (–5…–20°С).

Порядок проведения испытаний:

– Этап I: Запуск стенда;

– Этап II: фиксирование данных при стабилизации температурыҒ

– Этап III: динамическое понижение и замеры в заданные интервалы времени.

Варианты смены внешних условий. Изменение окружающей температуры (Токр = 5, 10, 20°С). Варьирование расхода воды на радиационно-испарительном конденсаторе. В эксперименте использовались адресные температурные датчики с точностью измерения 0,1°С. Электронный манометрический коллектор имеет точность 0,05 для давления и для температуры

Результаты исследований и их обсуждение. *Сравнение производительности конденсаторов.* Эксперименты подтвердили преимущество комбинированного метода охлаждения. При наружном воздухе +25°С и влажности 60% радиационно-испарительный конденсатор обеспечил отвод тепла до 650 Вт/м² поверхности (рис. 6). Для сравнения, штатный воздушный конденсатор аналогичной площади отводил до 500 Вт/м² в тех же условиях. Таким образом, достижение ~30%-го прироста теплоотдачи соответствует ожиданиям, полученным ранее в теоретических оценках. В таблице 1 показана динамика теплопотоков.

Таблица 1

Динамика теплопотоков

$T_{окр}$, °С	Время, мин	$\Delta T_{исп}$, К	$\alpha_{исп}$, Вт/(м²·К)	$\dot{Q}_{исп}$, Вт	$A_{воздух}$, Вт/(м²·К)	$\dot{Q}_{cond,возд.}$, Вт	$\alpha_{rad+evap}$, Вт/(м²·К)	$\dot{Q}_{cond,rad}$, Вт
5,0	0,0	4,0	27,6	110,4	18,9	208	51,9	110
5,0	10,0	5,0	33,0	164,9	18,9	208	51,9	164,9
5,0	20,0	15,0	40	185,5	18,9	208	51,9	185,5
5,0	30,0	20,0	48	200	18,9	208	51,9	200
5,0	40,0	25,0	50	220,3	18,9	208	51,9	220,3
10,	0,0	1,0	9,1	9,1	25,0	275	55,0	9,1
10,	10,0	10,0	57,4	103	25,0	275	55,0	103
10,	20,0	20,0	48	147,7	25,0	275	55,0	147,7
10,	30,0	25,0	50	173,2	25,0	275	55,0	173,2
10,	40,0	30,0	60	194,8	25,0	275	55,0	194,8
20,	0,0	11,0	40	102,2	33,0	362	160,0	102,2
20,	10,0	20,0	65	126,0	33,0	362	160,0	126,0
20,	20,0	30,0	69	158,9	33,0	362	160,0	158,9
20,	30,0	35,0	75	177,4	33,0	362	160,0	177,4
20,	40,0	40,0	76	189,7	33,0	362	160,0	189,7

Давление конденсации при работе комбинированного конденсатора оказалось существенно ниже, чем при воздушном (например, при 25°С наружного воздуха снижение на ~0,5-0,7 бар), что привело к уменьшению энергопотребления компрессора (рис. 7). Холодильный коэффициент установки (COP) возрос примерно на 10-15% благодаря снижению температуры конденсации. Визуально наблюдалось интенсивное испарение воды с панели (температура поверхности панели поддерживалась ниже температуры воздуха). В ночные часы радиационное охлаждение

способствовало дополнительному охлаждению панели: разность температур поверхности панели и окружающего воздуха достигала 3-5°C в лучшие моменты ясной ночи (рис. 8).

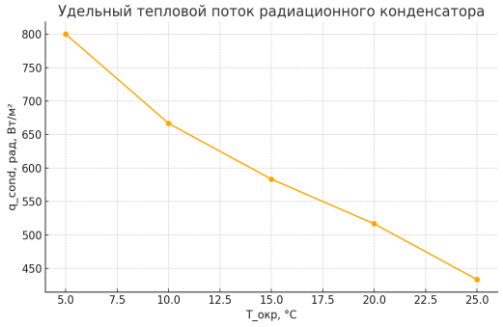


Рис. 6. Зависимость теплового потока от температуры окружающей среды

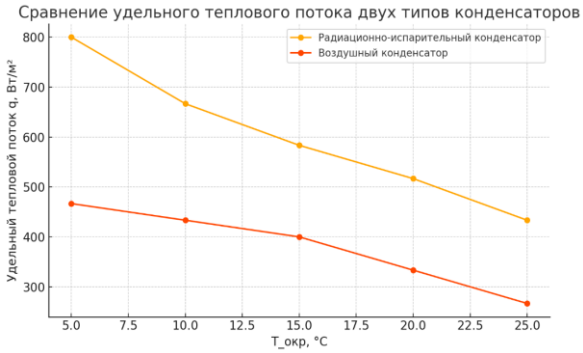


Рис. 7. Сравнение удельного теплового потока радиационно-испарительным и воздушным конденсатором

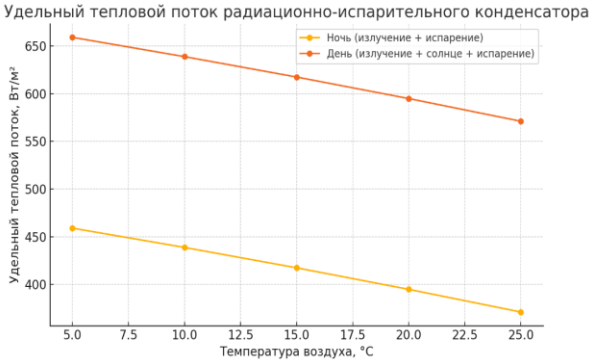


Рис. 8. Сравнение удельного теплового потока в ночное и дневное время

Влияние режимов орошения. В ходе испытаний варьировался расход воды и периодичность ее подачи. Установлено, что существует оптимальный режим прерывистого орошения: непрерывная подача давала незначительный выигрыш в теплоотводе, но приводила к избыточному расходу воды, тогда как слишком длительные паузы вызывали пересыхание панели и снижение охлаждающей способности. Оптимальным оказался режим цикличного орошения с интервалом ~ 3-5 минут между подачами, при котором удавалось

поддерживать тонкий водяной слой без перерывов. Этот режим обеспечил минимальный расход воды (~ 0,3 л/ч) при сохранении высокой эффективности охлаждения. Также выяснилось, что температура подаваемой воды влияет на производительность: охлаждение оросительной воды ночью (за счёт радиации) слегка повышало общий эффект. Таким образом, правильно настроенная система орошения позволяет достичь компромисса между интенсивностью испарения и затратами воды/энергии.

Энергоэффективность и экология. Применение нового конденсатора позволило сократить время работы компрессора, необходимое для отвода заданной тепловой нагрузки. В результате суммарное энергопотребление холодильной установки снизилось. По расчетным оценкам и данным испытаний, годовая экономия электроэнергии может составлять ~ 15-20% при эксплуатации системы в жарком климате за счет более эффективного отвода тепла и уменьшения потерь. Кроме того, использование пропана R290 в качестве хладагента исключает выбросы фторсодержащих парниковых газов, тем самым снижая углеродный след холодильной установки. Комбинированное использование пассивных методов охлаждения означает, что для отвода части тепла не требуется вентилятор или насос (кроме маломощного насоса орошения), а значит уменьшаются и прямые затраты энергии на процесс конденсации. С учетом экономии электроэнергии на компрессоре (~ 25-30%) и небольших затрат на насос орошения, радиационно-испарительный конденсатор демонстрирует высокую энергоэффективность.

Следует отметить и ограничения метода. Эффективность радиационного охлаждения снижается в облачную погоду и при высокой влажности воздуха, а испарительного – в сырую и дождливую погоду. В условиях повышенной влажности (более ~ 80%) ночное излучение и вовсе становится основным действующим фактором, тогда как испарение замедляется. Поэтому максимальный эффект комбинирования проявляется в засушливом климате, либо при использовании системы преимущественно ночью. Тем не менее, даже в относительно влажных условиях комбинированный конденсатор будет работать не хуже обычного воздушного, а в благоприятные периоды – значительно лучше. Экспериментально подтверждена существенная зависимость охлаждающей способности от параметров оросительной воды (ее расхода, температуры) и от интенсивности радиационного охлаждения окружающей среды. Это означает, что для поддержания оптимальной работы в меняющихся условиях необходима система управления (например, датчики влажности/температуры, регулирующие подачу воды). Данный вопрос выходит за рамки базового эксперимента и относится к дальнейшим исследованиям.

Заключение. Проведенная работа продемонстрировала возможность эффективной интеграции радиационного и испарительного охлаждения в одном теплообменном устройстве – радиационно-испарительном конденсаторе. Разработана и экспериментально проверена конструкция пассивного конденсатора на хладагенте R290, показывающая высокую производительность и энергетическую эффективность. Основные выводы и результаты исследования:

1. Создан работоспособный прототип конденсатора, объединяющего излучение тепла в небо и испарение воды для отвода теплоты конденсации. Показано, что при +25°C наружного воздуха и 60% относительной влажности комбинированный конденсатор обеспечивает теплоотдачу до 650 Вт/м², что

на 25-30% выше, чем у традиционного воздушного конденсатора того же габарита.

2. Благодаря снижению давления конденсации достигается экономия электроэнергии: компрессор работает менее нагруженно, сокращается его рабочее время. Оценочно годовое энергопотребление системы с радиационно-испарительным конденсатором на 15-20% ниже, чем с обычным конденсатором. Это прямо влияет на экономическую эффективность и уменьшает выбросы CO_2. Применение природного хладагента пропана (R290) полностью исключает использование высоко-GWP хладагентов, повышая экологическую безопасность системы.

3. Разработаны конструктивные решения, обеспечивающие стабильную работу комбинированного конденсатора: специальный излучающий радиатор с высоким коэффициентом черноты, система оросительных форсунок для поддержания равномерной водяной пленки, коррозионностойкие материалы. Эти решения доказали свою эффективность в условиях эксперимента, позволив поддерживать режим испарения без перебоев и достичь максимального эффекта охлаждения.

4. Перспективы применения радиационно-испарительного конденсатора обширны. Он может использоваться в энергоэффективных системах кондиционирования и охлаждения, особенно в районах с жарким и сухим климатом, где его преимущества проявляются наиболее ярко. Полученные результаты и рекомендации могут быть внедрены в промышленное и бытовое холодильное оборудование для повышения его энергоэффективности и устойчивости к климатическим условиям Средней Азии.

В дальнейшем планируется провести исследования по автоматизации системы орошения (внедрение датчиков температуры и влажности для адаптивного управления подачей воды), а также изучить долговременную надёжность и коррозионную стойкость материалов радиационной панели при длительной эксплуатации. Кроме того, интерес представляет масштабирование технологии для более мощных холодильных систем и интеграция радиационно-испарительного охлаждения с солнечными коллекторными установками, что могло бы обеспечить полностью пассивные энергосберегающие системы охлаждения. В целом, выполненное исследование подтверждает, что комбинированные радиационно-испарительные конденсаторы являются перспективным направлением развития холодильной техники, позволяющим существенно снизить энергопотребление и обеспечить экологическую устойчивость без потери эффективности.

Список литературы

1. Amir A., Van Hout R. A transient model for optimizing a hybrid nocturnal sky radiation cooling system // Renewable Energy. – 2019. – Vol. 132. – P. 370-380.
2. Farmahini-Farahani M., Heidarinejad G. Increasing effectiveness of evaporative cooling by pre-cooling using nocturnally stored water // Applied Thermal Engineering. – 2012. – Vol. 38. – P. 117-123.
3. Heidarinejad G., Sabetghadam F., Zahmatkesh I. Investigation of a hybrid system of nocturnal radiative cooling and direct evaporative cooling // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45. – P. 1521-1528.
4. Kecebas M.A., Aydin A.A., Yilbas B.S., Sahin A.Z. Passive radiative cooling design with broadband optical thin-film filters // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. – 2017. – Vol. 198. – P. 179-186.

5. Li J., Tang X., Zhong Y., et al. A tandem radiative/evaporative cooler for weather-insensitive and high-performance daytime passive cooling // Science Advances. – 2022. – Vol. 8. – No. 32. – P. eabq0411.
6. Mao M., Feng C., Pei J., Liu H., Jiang H. A triple-layer membrane with hybrid evaporation and radiation for building cooling // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 6. – P. 2750.
7. Цой А.П. Моделирование работы установки с радиационным охлаждением для кондиционирования воздуха [Текст] / А.П. Цой, А.С. Грановский, Д.А. Цой, А.В. Бараненко // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 3. – С. 3–14.
8. Исаев С.И., Кожинов И.А., Кофанов В.И. Теория тепломассообмена [Текст]: учебник для вузов / С.И. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кофанов. – М.: Высшая школа, 1979. – 495 с.
9. Anderson T., Duke M., Carson J. Performance of an unglazed solar collector for radiant cooling // Australian Solar Cooling 2013 Conference. – Sydney: Australian Solar Cooling Interest Group, 2013.
10. Samuel D.G.L., Nagendra S.M.S., Maiya M.P. Passive alternatives to mechanical air conditioning of building: a review // Building and Environment. – 2013. – Vol. 66. – P. 54-64.
11. ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment. – 2016. – Chapter 8, Section 4.
12. Jones W.P. Air Conditioning Engineering. – 5th ed. – London: Routledge, 2000. – Section 3.

Материал поступил в редакцию 29.05.25, принят 27.06.25.

Н.М. Весельский[1], А.П. Цой[1], Д.Е. Лоенко[1]

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

РАДИАЦИЯЛЫҚ-БУЛАНДЫРҒЫШ КОНДЕНСАТОРДЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыс табиғи хладагент R290 негізінде жұмыс істейтін тоңазытқыш жүйеге арналған біріктірілген радиациялық-буландырғыш конденсаторды жобалауға арналған. Бұл құрылғыда екі пассивті салқындату әдісі біріктірілген: «суық аспанға» сәуле шығару арқылы жылу әкету және судың булануы. Эксперименттік үлгі жасалып, сынақтан өткізілді. Нәтижелер көрсеткендей, сыртқы температура +25°C және салыстырмалы ылғалдылық шамамен 60% болған жағдайда, біріктірілген конденсатор 1 м² беттен 650 Вт-қа дейін жылуды әкетуге қабілетті, бұл дәстүрлі ауа конденсаторына қарағанда 25-30%-ға жоғары тиімділікті көрсетеді. Компрессор жүктемесі мен энергия тұтынуы (∼15-20% жылдық үнем) азайтылды, бұл ұсынылған тәсілдің болашағы бар екенін дәлелдейді.

Тірек сөздер: радиациялық-буландырғыш конденсатор, пассивті салқындату, радиациялық салқындату, буландырғыш салқындату, энергия тиімділігі, салқындату сыйымдылығы, R290 (пропан).

N.M. Veselsky[1], A.P. Tsoi[1] , D.E. Loenko[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A RADIATIVE-EVAPORATIVE CONDENSER

Abstract. This study is dedicated to the development of a combined radiative-evaporative condenser for a refrigeration system operating with the natural refrigerant R290. The proposed device integrates two passive cooling methods: heat removal through

radiation to the “cold sky” and water evaporation. An experimental prototype was developed and tested. The results showed that at an ambient temperature of +25℃ and relative humidity of about 60%, the combined condenser was capable of removing up to 650 W/m² of heat, which is 25-30% more efficient than a conventional air-cooled condenser. A reduction in compressor load and energy consumption (∼15-20% annual savings) was achieved, confirming the potential of the proposed approach.

Keywords: radiative-evaporative condenser, passive cooling, radiative cooling, evaporative cooling, energy efficiency, cooling capacity, R290 (propane).

References

1. Amir A., Van Hout R. A transient model for optimizing a hybrid nocturnal sky radiation cooling system // Renewable Energy. – 2019. – Vol. 132. – P. 370-380.
2. Farmahini-Farahani M., Heidarinejad G. Increasing effectiveness of evaporative cooling by pre-cooling using nocturnally stored water // Applied Thermal Engineering. – 2012. – Vol. 38. – P. 117-123.
3. Heidarinejad G., Sabetghadam F., Zahmatkesh I. Investigation of a hybrid system of nocturnal radiative cooling and direct evaporative cooling // Building and Environment. – 2010. – Vol. 45. – P. 1521-1528.
4. Kecebas M.A., Aydin A.A., Yilbas B.S., Sahin A.Z. Passive radiative cooling design with broadband optical thin-film filters // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. – 2017. – Vol. 198. – P. 179-186.
5. Li J., Tang X., Zhong Y., et al. A tandem radiative/evaporative cooler for weather-insensitive and high-performance daytime passive cooling // Science Advances. – 2022. – Vol. 8. – No. 32. – P. eabq0411.
6. Mao M., Feng C., Pei J., Liu H., Jiang H. A triple-layer membrane with hybrid evaporation and radiation for building cooling // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 6. – P. 2750.
7. Tsoy, A.P., Granovskiy, A.S., Tsoy, D.A., Baranenko, A.V. Modelirovanie raboty ustanovki s radiatsionnym okhlazhdeniem dlya konditsionirovaniya vozdukha [Modeling the operation of a system with radiative cooling for air conditioning] // Journal of the International Academy of Refrigeration. – 2019. – No. 3. – P. 3-14. [in Russian].
8. Isaev, S.I., Kozhinov, I.A., Kofanov, V.I. Teoriya teplomassoobmena [Theory of Heat and Mass Transfer]: textbook for Universities. – Moscow: Higher school, 1979. – 495 p. [in Russian].
9. Anderson T., Duke M., Carson J. Performance of an unglazed solar collector for radiant cooling // Australian Solar Cooling 2013 Conference. – Sydney: Australian Solar Cooling Interest Group, 2013.
10. Samuel D.G.L., Nagendra S.M.S., Maiya M.P. Passive alternatives to mechanical air conditioning of building: a review // Building and Environment. – 2013. – Vol. 66. – P. 54-64.
11. ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment. – 2016. – Chapter 8, Section 4.
12. Jones W.P. Air Conditioning Engineering. – 5th ed. – London: Routledge, 2000. – Section 3.